

15.366/H/02

TUGAS AKHIR

ALTERNATIF RENOVASI GEDUNG RUMAH MAKAN BIYUNG DENGAN SISTEM PRATEKAN TENDON EKSTERNAL



RSS
690.571
Wah
a-1
2001

Disusun Oleh :

Yohanes Wahyudi

3196 100 019

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2001

PERPUSTAKAAN
ITS

Tgl. Terima

03/01/02

Terima

H
01/02/02

TUGAS AKHIR

ALTERNATIF RENOVASI GEDUNG RUMAH MAKAN BIYUNG DENGAN SISTEM PRATEKAN TENDON EKSTERNAL

Diajukan guna
memenuhi sebagian persyaratan
untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik
pada Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing,

Dosen Pembimbing,



Ir. Agus H. Wahyono, M.Sc., Ph. D.




Ir. Faimun

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2001**

Untuk yang kukasih:

Papah, Mamah, Marina;

saudaraku, Robert, Dian, Christian, Rio, Yuli, Trianto;

dan temanku, Febry





KATA PENGANTAR

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus yang telah menolong penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "Alternatif Renovasi Gedung Rumah Makan Biyung dengan Sistem Pratekan Tendon Eksternal". Tugas Akhir ini berisi tentang perancangan struktur gedung dengan menghilangkan kolom tengah dengan menggunakan sistem pratekan untuk perkuatan baloknya. Diharapkan perancangan ini dapat memberikan alternatif solusi untuk mendapatkan suatu ruangan yang luas dari sebuah gedung yang pada mulanya tidak didesain untuk tujuan tersebut.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penusun mendapatkan bantuan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Karena itu penusun menyampaikan rasa terima kasih yang setulus-tulusnya kepada :

1. Bapak Ir. Agus Hari Wahyono, M.Sc., Ph.D. dan Bapak Ir. Faimun selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka selaku dosen wali.
3. Bapak Ir. Indrasurya B. Mochtar, MSc. PhD, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil ITS.
4. Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS.
5. Bapak/Ibu Dosen Teknik Sipil ITS yang telah membekali penusun dengan dasar-dasar ilmu yang sangat berguna dalam penyusunan tugas akhir ini.
6. Bapak Nyoman, selaku pimpro pada proyek pembangunan Gedung Rumah Makan Biyung, yang telah membantu dengan segenap hati dalam penyelesaian tugas akhir ini.
7. Ibu Sulis, dari P.T. Freyssinet Total Technology yang telah memberikan bantuan yang besar kepada penulis.
8. Saudara-saudara yang terkasih di PMK yang telah menjadi pasukan doa (doanya didengar lho !)

9. Teman-teman diskusi penyusun, Ary, Yusuf, Hendrik, Antony, Dani, Bagus.
10. Marta dan Arsa (thank's buat dorongan semangatnya)
11. Teman-teman S'39 terima kasih atas kebersamaan dan kerjasamanya selama kuliah.
12. Perumdos ITS C-10 ; Enky, Bogi, Agung, Hendra, Billy
13. Ibu Iman Wimbadi & keluarga.
14. Karyawan dan karyawan Pengajaran, Lab, Ruang Baca, dan semuanya di Teknik Sipil ITS.
15. Dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penyusun menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak memiliki kekurangan. Karena itu dengan ikhlas penyusun akan menerima kritik dan saran yang bersifat membangun demi lebih baiknya tulisan ini. Akhirnya dengan segala kekurangan yang ada penyusun berharap tulisan ini bisa memberikan manfaat yang optimal bagi pembaca yang budiman.

Surabaya, 29 Juni 2001

Hormat kami,

Penyusun



DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Daftar Isi	iii
Daftar Gambar	vi
Daftar Tabel	viii
Abstrak	ix
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	2
1.3. Lingkup Bahasan	2
BAB II. DASAR-DASAR PERENCANAAN	
2.1. Data-data Perencanaan	3
2.1.1. Data Umum Bangunan	3
2.1.2. Data Bahan	4
2.2. Peraturan yang dipakai	4
2.3. Perencanaan terhadap gempa	4
2.3.1. Pengertian Daktilitas	5
2.3.2. Tingkatan Daktilitas	6
2.3.3. Dasar Pemilihan Tingkat Daktilitas 2	7
2.3.4. Perencanaan dengan Tingkat Daktilitas 2	7
BAB III. PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA	
3.1. Konsep Desain Struktur	9
3.1.1. Umum	9
3.1.2. Perencanaan Balok Pratekan	9

3.1.3. Perencanaan Kolom	11
3.1.4. Perencanaan Pondasi	11
3.2. Pemodelan Struktur	11
3.3. Pembebanan	12
3.3.1. Pembebanan Atap	13
3.3.2. Pembebanan Lantai	15
3.3.3. Perhitungan Pembebanan Vertikal	16
3.3.4. Perhitungan Beban Ekuivalen yang diterima Balok	19
3.3.5. Pembebanan Akibat Dinding	22
3.3.6. Pembebanan Tangga	22
3.3.7. Beban Gempa	26
3.3.8. Beban Angin	26
3.4. Input data SAP90	27
BAB IV. PERENCANAAN STRUKTUR BARU	
4.1. Perencanaan Kolom	32
4.1.1. Data-Data Kolom	32
4.1.2. Periksa Kelangsingan Kolom	33
4.1.3. Perhitungan Pembesaran Momen	36
4.1.4. Pembesaran Kolom	39
4.1.5. Penulangan Geser Kolom	40
4.2. Perencanaan Balok Pratekan	41
4.2.1. Umum	41
4.2.2. Langkah-Langkah Perhitungan	42
4.2.2.1. Material Balok Pratekan	42
4.2.2.2. Desain Awal	43

4.2.2.3. Lebar Efektif Balok Pratekan	43
4.2.2.4. Analisa Penampang	44
4.2.3. Penentuan Gaya Pratekan Awal	47
4.2.4. Kehilangan Prategang dan Kontrol-kontrol	55
4.2.4.1. Kehilangan Tegangan Langsung	55
4.2.4.2. Kehilangan Prategang Tergantung Waktu	61
4.2.4.3. Total Kehilangan Prategang Tergantung Waktu	64
4.2.4.4. Kontrol Tegangan Definitif	64
4.2.4.5. Kontrol Lendutan	64
4.2.4.6. Kontrol Momen Retak	67
4.2.5. Penulangan Geser Balok	72
4.2.6. Perencanaan Deviator	75
4.2.7. Perencanaan Deviator pada Balok Anak	78
4.2.8. Perencanaan Anker	80
4.3. Perencanaan Pondasi	81
4.3.1. Perhitungan Pembebanan Pondasi	83
4.3.2. Perencanaan Slope	85
4.3.1.1. Perencanaan Tulangan Lentur Slope	85
4.3.1.2. Perencanaan Tulangan Geser Slope	86
4.4. Perencanaan Konsol	89
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	94
5.2. Saran	94
DAFTAR PUSTAKA	95
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 3.1. Atap	13
Gambar 3.2. Kuda-kuda	14
Gambar 3.3. Tributary Area	16
Gambar 3.4. Beban Ekvivalen dari Beban Segitiga	17
Gambar 3.5. Beban Ekvivalen dari Beban Trapesium	18
Gambar 3.6. Beban Ekvivalen pada Balok	19
Gambar 3.7. Denah Tangga	22
Gambar 3.8. Potongan Tangga	24
Gambar 3.9. Pemodelan Tangga	26
Gambar 4.1. Kolom Lantai 1	32
Gambar 4.2. Diagram Interaksi Kolom	38
Gambar 4.3. Diagram Interaksi Kolom Baru	40
Gambar 4.4. Penampang Balok Pratekan	43
Gambar 4.5. Potongan Balok	45
Gambar 4.6. Penampang Balok	46
Gambar 4.7. Pemodelan Struktur dan Pembebanan Balok Pratekan	53
Gambar 4.8. Diagram Eksentrisitas dan Gaya Jacking Awal	54
Gambar 4.9. Diagram Tegangan Balok Pratekan	69
Gambar 4.10. Penampang Balok Portal 5	74
Gambar 4.11. Deviator	75
Gambar 4.12. Pemodelan Tendon dan Deviator	76
Gambar 4.13. Las pada Deviator	77
Gambar 4.14. Deviator pada Balok Anak	78
Gambar 4.15. Penampang Balok Anak	79
Gambar 4.16. Anker	81
Gambar 4.17. Potongan Denah Pondasi dan Pemodelan Beban	83
Gambar 4.18. Gaya Geser pada Slope	87
Gambar 4.19. Penampang Slope Lama	88
Gambar 4.20. Penampang Slope Baru	89

Gambar 4.21. Denah Balok

90

Gambar 4.22. Konsol

93



DAFTAR TABEL

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 3.1. Beban Ekuivalen Balok	20
Tabel 4.1. Eksentrisitas dan Jacking Awal	55
Tabel 4.2. Kontrol Tegangan sebelum Kehilangan Prategang	56
Tabel 4.3. Kehilangan Prategang akibat Kekangan Kolom	57
Tabel 4.4. Kehilangan Prategang akibat Perpendekan Elastis	58
Tabel 4.5. Kehilangan Prategang akibat Slip Anker	60
Tabel 4.6. Total Kehilangan Prategang	61
Tabel 4.7. Total Kehilangan Prategang Tidak Bergantung Waktu	62
Tabel 4.8. Kehilangan Prategang akibat Rangkak Dan Susut	63
Tabel 4.9. Kehilangan Prategang akibat Relaksasi Baja	63
Tabel 4.10. Total Kehilangan Prategang Menurut Waktu	64
Tabel 4.11. Kontrol Tegangan setelah Kehilangan Prategang	64
Tabel 4.12. Kontrol Lendutan saat Transfer	67
Tabel 4.13. Kontrol Lendutan saat Service	67
Tabel 4.14. Kontrol Momen Retak	68



ABSTRAK

ABSTRAK

ALTERNATIF RENOVASI GEDUNG RUMAH MAKAN BIYUNG DENGAN SISTEM PRATEKAN TENDON EKSTERNAL

Oleh :

Yohanes Wahyudi
3196 100 019

Dosen Pembimbing :

Ir. Agus Hari Wahyono, M.Sc., Ph.D.
Ir. Faimun

Teknologi Konstruksi khususnya dalam bidang konstruksi beton pratekan mengalami perkembangan yang pesat sehingga mampu mengatasi berbagai macam permasalahan yang dijumpai. Konstruksi beton pratekan yang dapat diterapkan dalam bermacam-macam struktur misalnya jembatan, gedung, silo, dan lain-lain semakin diminati dan dikembangkan. Setelah mengalami berbagai macam perkembangan salah satu alternatif metoda yang dikembangkan adalah dengan menempatkan tendon pratekan di luar balok beton yang dikenal dengan istilah Pratekan Eksternal (*External Tendon Prestress*). Kelebihan metoda ini adalah penghematan material beton, selain itu yang lebih penting adalah dapat digunakan untuk perbaikan dan perkuatan struktur.

Dalam Tugas Akhir ini penulis menggunakan metoda ini untuk memberikan alternatif renovasi struktur gedung yang menginginkan area yang luas di dalam ruangan. Tugas akhir dengan judul "*Alternatif Renovasi Gedung Rumah Makan Biyung dengan Sistem Pratekan Tendon Eksternal*" yang bertujuan menghilangkan kolom mengakibatkan perubahan struktur yang mendasar antara lain pembesaran kolom tepi, dan peningkatan daya dukung pondasi.

Balok pratekan dimodelkan bertumpuan sederhana (*sendi*), dengan demikian kolom tidak menerima momen dari balok. Kolom tepi memerlukan pembesaran dimensi untuk mengantisipasi gaya aksial yang diakibatkan pemotongan kolom tengah. Pondasi praktis tidak mengalami perubahan karena gaya berat gedung berkurang.



BAB I

PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Sering kita jumpai gedung-gedung yang pada mulanya sengaja tidak di desain untuk keperluan-keperluan khusus seperti misalnya, resepsi, rapat, dan lain-lain disebabkan beberapa hal misalnya karena pihak pemilik belum melihat fungsi khusus tersebut, atau karena pihak desainer yang tidak merencanakannya tetapi setelah beberapa waktu lamanya sesuai dengan kebutuhan masa kini ingin digunakan untuk keperluan-keperluan tersebut. Akibatnya dengan sedikit dipaksakan ruangan dapat digunakan untuk acara-acara yang dihadiri banyak orang tetapi masih kurang nyaman. Misalnya masih dijumpai kolom-kolom yang menghalangi pemandangan sehingga mengurangi kenyamanan orang yang menghadiri acara tersebut atau mengurangi penerimaan para peserta rapat dan seminar.

Seiring dengan perkembangan teknologi khususnya konstruksi beton pratekan, telah dikembangkan pula sistem pratekan eksternal, yaitu sistem penarikan balok beton dengan tendon baja terletak di luar balok tersebut. Dalam tugas akhir ini, akan diberikan salah satu alternatif penyelesaian permasalahan diatas dengan renovasi gedung yang sudah ada. Adapun gedung yang akan direnovasi adalah Rumah Makan Biyung, yang difungsikan juga sebagai tempat resepsi, tetapi masih terdapat beberapa kolom yang harus dihilangkan. Dengan tugas akhir ini diharapkan mampu menjawab tantangan untuk menghilangkan kolom yang mengganggu dari bangunan yang sudah berdiri.

1.2. TUJUAN

Penyusunan tugas akhir ini bertujuan untuk memberikan solusi terhadap permasalahan dalam mendapatkan sebuah ruangan yang optimal dengan menghilangkan kolom yang ada menggunakan sistem pratekan tendon eksternal.

1.3. LINGKUP BAHASAN

Dalam renovasi Rumah Makan Biyung ini, lingkup pembahasan yang akan dikerjakan adalah sebagai berikut :

1. Struktur utama tetap berdiri selama renovasi berlangsung.
2. Struktur utama baru merupakan struktur utama semula yang dimodifikasi sesuai kebutuhan.
3. Pada penyusunan tugas akhir ini penulis tidak menekankan aspek ekonomis dari metode dan pelaksanaan yang digunakan, melainkan lebih mementingkan pada aspek fungsi dan penyelesaian struktur.



BAB II

DASAR-DASAR PERENCANAAN

BAB II

DASAR-DASAR PERENCANAAN

2.1. DATA-DATA PERENCANAAN

Pada setiap perencanaan struktur, data-data lapangan dan data-data pembebanan merupakan hal mendasar yang harus ada sebelum perencanaan awal dimulai. Secara keseluruhan data tersebut mencakup data umum bangunan, data bahan, dan data tanah. Data-data berikut merupakan data-data bangunan sebelum renovasi yang nantinya akan dipakai juga untuk bangunan yang baru dengan beberapa perubahan.

2.1.1. Data Umum Bangunan

Nama Gedung	: Rumah Makan Biyung
Lokasi	: Jl. Raya Gubeng 42
Jumlah Lantai	: 3 lantai
Lantai 1	: Tempat parkir
Lantai 2	: Rumah makan
Lantai 3	: Kantor
Tinggi Bangunan	: 15 m
Struktur	: Beton bertulang
Pondasi	: Telapak
Zona Gempa	: Zona 4

2.1.2. Data Bahan

Baja yang dipakai untuk tulangan struktur merupakan baja ulir dengan mutu BJ 42 ($f_y = 260$ MPa). Sedangkan beton yang digunakan K 325 ($f_c' = 32,5$) untuk struktur atas dan K 250 ($f_c' = 25$ MPa) untuk pondasi. Sedangkan untuk tendon baja prategang akan digunakan mutu baja $f_y = 600$ MPa.

2.2. PERATURAN YANG DIPAKAI

Di dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menggunakan beberapa peraturan antara lain :

1. Peraturan Beton Indonesia (PBI 1971)
2. Pedoman Beton 1989 (PB 1989)
3. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SKSNI T-15-1991-03)
4. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983
5. Peraturan Perencanaan Tahan Gempa untuk Gedung 1983
6. Beberapa jurnal yang berkaitan dengan topik

2.3. PERENCANAAN TERHADAP GEMPA

Selama terjadi gempa, bangunan mengalami gerakan vertikal dan horisontal. Dari kedua arah gempa ini gaya arah vertikal relatif kecil pengaruhnya terhadap struktur karena pada umumnya struktur direncanakan berdasarkan gaya vertikal dengan faktor keamanan yang memadai, sehingga struktur jarang sekali runtuh akibat gaya gempa vertikal.

Sebaliknya, gaya gempa horisontal yang diterima oleh titik-titik lemah pada struktur yang apabila kekuatannya tidak memungkinkan akan langsung menyebabkan keruntuhan struktur. Atas alasan ini maka prinsip utama dalam perencanaan tahan gempa adalah meningkatkan kemampuan struktur yang umumnya lemah terhadap pengaruh gaya lateral ke samping.

Konfigurasi struktur gedung Rumah Makan Biyung adalah beraturan dan tinggi bangunan hanya 15 meter. PPTGIUG 1983 pasal 33 menyebutkan bahwa untuk gedung yang beraturan dan tingginya kurang dari 40 m maka untuk perencanaan terhadap gempa cukup dilakukan dengan analisa statik ekuivalen dan tidak perlu dengan analisa dinamis.

2.3.1. Pengertian Duktilitas

Sesuai dengan filosofi perencanaan bangunan tahan gempa di Indonesia menurut PPTGIUG 1983 bahwa perencanaan suatu struktur gedung pada daerah gempa haruslah menjamin bangunan tersebut agar tidak rusak atau runtuh oleh gempa kecil atau sedang, tetapi oleh gempa kuat struktur utama boleh rusak tetapi tidak boleh runtuh.

Hal ini dapat dicapai jika struktur gedung tersebut mampu melakukan perubahan bentuk secara duktail, dengan cara memancarkan energi gempa serta membatasi gempa yang bekerja padanya. Melelehnya elemen-elemen struktur akibat gempa kuat, ditandai dengan terbentuknya sendi plastis. Jadi pada fase ini perilaku struktur tidak lagi linier.

Suatu ukuran bagi kemampuan struktur untuk memancarkan energi adalah perbandingan antara simpangan maksimum (Δu) dan simpangan awal pada suatu kelelahan pertama (Δy) yang disebut sebagai faktor daktilitas (μ).

Untuk menjamin tersedianya daktilitas yang cukup dalam struktur tersebut harus dipenuhi syarat-syarat pendetailan yang diatur dalam buku Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Untuk Gedung 1983.

2.3.2. Tingkatan Daktilitas

Menurut SKSNI 1991 pasal 3.14.1., tingkatan daktilitas digolongakan sebagai berikut :

a. Tingkat Daktilitas 1

Struktur beton diproporsikan sedemikian rupa sehingga penyelesaian detail pada struktur bangunan sangat sedikit (struktur sepenuhnya elastis). Beban rancang lateral dasar harus dikalikan dengan suatu faktor tipe struktur (k) sebesar 4.

b. Tingkat Daktilitas 2

Struktur beton diproporsikan sedemikian rupa sehingga penyelesaian detail khusus akan memungkinkan struktur memberikan respon inelastis terhadap beban siklis yang bekerja tanpa mengalami keruntuhan getas. Beban rancang lateral harus dikalikan 2.

c. Tingkat daktilitas 3

Struktur beton diproporsikan sedemikian rupa sehingga penyelesaian detail khusus akan memungkinkan struktur memberikan respon inelastis terhadap beban siklis yang bekerja dan mampu menjamin pengembangan mekanisme

sendi plastis dengan kapasitas disipasi energi energi yang diperlukan tanpa mengalami keruntuhan. Beban rancang lateral dikalikan 1.

2.3.3. Dasar Pemilihan Tingkat Daktilitas 2

Bila suatu gedung direncanakan dengan tingkat daktilitas 1, maka beban gempa yang direncanakan adalah sebesar 4 kali beban gempa yang dihitung sesuai dengan analisa respon spektrum. Karena itu maka ukuran penampang menjadi sangat besar, sehingga perencanaan bangunan menjadi tidak ekonomis lagi.

Perencanaan bangunan dengan daktilitas 3 (daktilitas penuh) akan memerlukan prosedur desain yang sangat rumit karena harus menghitung kapasitas dari struktur tersebut (metode desain kapasitas). Selain itu untuk mencapai nilai daktilitas yang disyaratkan, dibutuhkan pengaturan penulangan yang cukup rumit pada daerah sendi plastis yang diharapkan akan terjadi.

Karena kerumitan dari daktilitas penuh ini, maka renovasi direncanakan dengan daktilitas terbatas. Pada struktur dengan daktilitas 2 (terbatas), faktor pengali sebesar 2, artinya beban gempa dikalikan 2 sehingga tuntutan daktilitas untuk mengatasi gempa-gempa kuat yang melampaui taraf gempa rencana tidak setinggi perencanaan pada struktur dengan daktilitas penuh. Tetapi sebagai konsekwensinya, faktor jenis struktur untuk menghitung kemampuan lateral menjadi lebih besar.

2.3.4. Perencanaan Dengan Tingkat Daktilitas 2

Perencanaan struktur dengan tingkat daktilitas 2 diatur dalam pasal 3.14.9, SKSNI 1991 dengan memenuhi bab-bab sebelumnya.

Persyaratan Umum

- Gaya tekan aksial berfaktor yang bekerja pada komponen struktur tidak boleh melebihi $1/10 A_g f_c'$.
- Bentang bersih dari komponen struktur rangka terbuka tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektifnya.
- Rasio lebar dan tinggi balok tidak boleh kurang dari 0,25.
- Lebar balok tidak boleh kurang dari 200 mm.
- Rasio tinggi antar kolom tidak boleh lebih besar dari 25.
- Faktor tipe struktur yang dipakai adalah sebesar 2.

Persyaratan Khusus

- Rasio tulangan longitudinal total tidak boleh kurang dari 1 % dan tidak boleh kurang dari 6 % dan 8 % pada daerah sambungan.
- Pada seluruh tinggi kolom harus dipasang tulangan transversal dari sengkang tertutup tunggal ataupun majemuk.
- Spasi maksimum dari tulangan tertutup pada kolom tidak boleh lebih dari $d/4$, sepuluh kali diameter tulangan longitudinal terkecil, 24 kali diameter sengkang dan 300 mm.
- Pada daerah yang tidak memerlukan sengkang tertutup, sengkang harus dipasang dengan spasi tidak lebih dari $d/2$ pada seluruh komponen panjang komponenstruktur tersebut.
- Pada daerah sejarak d dari muka kolom, kuat geser yang disumbangkan oleh beton (V_c) harus diambil sebesar $1/2$ dari yang disyaratkan dalam pasal 3.4, SKSNI 1991.



BAB III

PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA

BAB III

PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA

3.1. KONSEP DESAIN STRUKTUR

3.1.1. Umum

Secara umum konsep desain struktur yang akan digunakan adalah perencanaan struktur gedung dengan daktilitas tingkat 2, seperti telah dijelaskan dalam BAB II. Dalam perencanaan renovasi ini dianggap struktur lama yang telah berdiri mampu beban-beban mati, hidup, dan gempa (tanpa memperhatikan tingkat daktilitasnya). Sehingga secara umum perencanaan hanya terfokus pada bagian struktur tertentu yang mengalami perubahan.

Perhitungan momen akibat gaya gempa dilakukan perhitungan gempa dinamis karena struktur bangunan yang tidak teratur dan akan dilakukan dengan bantuan SAP 90. Karena untuk Program SAP 90 perhitungan gempa tidak dapat dilakukan bersamaan dengan perhitungan beban mati dan hidup dan gaya prategang, maka dilakukan secara terpisah dan kemudian akan digabungkan secara manual diluar program.

3.1.2. Perencanaan Balok Pratekan

Balok pratekan yang akan direncanakan adalah balok struktur lama yang merupakan beton bertulang biasa. Untuk memberikan gaya pratekan pada balok dilakukan dengan sistem pratekan eksternal dimana tendon terletak diluar balok.

Perhitungan beban-beban yang terjadi, menyesuaikan dengan pelaksanaan proses prategang. Dalam perencanaan renovasi ini yang perlu diperhatikan langkah-langkah pemindahan gaya prategang, yaitu :

1. Sebelum kolom tengah dipotong, setelah balok diperbesar, gaya prategang mulai diberikan.

Momen yang terjadi adalah M_1

M_1 = Berat sendiri + berat pelat pada lantai itu + beban mati dari lantai yang ada di atasnya (masih ada kolom).

2. Setelah kolom tengah dipotong, momen yang terjadi adalah M_2 .

M_2 = Berat sendiri + berat pelat pada lantai itu + beban mati dari lantai yang ada di atasnya (tidak ada kolom).

3. Saat service, momen yang terjadi adalah M_3 .

M_3 = M_2 + Beban hidup pada lantai itu + beban hidup dari lantai yang ada di atasnya.

Momen diatas dicari dengan bantuan program SAP 90. Untuk M_1 balok pratekan dimodelkan bersifat monolit terhadap kolom (perletakan jepit-jepit). Untuk M_2 dan M_3 balok dimodelkan terletak diatas tumpuan sederhana (sendi), dan bukannya terjepit oleh kolom.

Akibat pemodelan sendi-sendi diatas, maka balok hanya mengakibatkan gaya aksial tekan terhadap kolom dan momen yang kecil saja. Pada tumpuan, balok sangat kritis terhadap geser, sehingga perlu mendapat tambahan tulangan geser.

Penampang balok pratekan merupakan balok T, yang didalamnya berisi tulangan yang juga ikut diperhitungkan untuk menahan momen yang terjadi. Analisa penampang akan diberikan dalam bab berikutnya. Untuk balok tepi yang dimensinya tidak memenuhi syarat, akan dilakukan pembesaran dimensi disamping penambahan tulangan geser diatas.

3.1.3. Perencanaan Kolom

Kolom yang perlu mendapat perhatian khusus adalah kolom yang berkaitan langsung dengan balok yang akan diprategang. Yaitu kolom pada portal-portal 5,7, dan 9. Untuk mendapatkan momen dan gaya aksial yang terjadi akibat beban mati, hidup dan gaya prategang pada kolom balok dimodelkan berada pada tumpuan sederhana (sendi). Konsepnya adalah semua beban mati dan hidup yang berada diatas balok dipikul oleh balok dengan bantuan tendon prategang. Sedangkan kolom berlaku sebagai tumpuan yang tidak memikul momen. Hal ini disebabkan karena pada desain mula-mula balok tentunya sudah didesain lebih lemah dari pada kolom sehingga dapat dianggap sambungan bersifat sendi. Hal yang mungkin terjadi adalah balok leleh terlebih dahulu dari pada kolom.

3.1.3. Perencanaan Pondasi

Pondasi asli yang digunakan adalah pondasi telapak. Untuk menghindari penurunan yang tidak seragam maka pondasi harus kaku dan dapat menyebarkan gaya tekan dari kolom secara merata ke tanah. Penggunaan slope sangat penting untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

Dalam Tugas Akhir ini penyusun akan mengecek apakah pondasi yang lama masih mampu memikul berat struktur atau tidak, dengan asumsi pondasi tetap kaku.

3.2. PEMODELAN STRUKTUR

- Sistem struktur sebagai *open frame* dengan perletakan jepit pada dasar kolomnya.

- Struktur tanpa pengaku lateral.
- Untuk perhitungan gempa dinamis lantai dimodelkan sebagai *rigid floor diaphragm* yang mampu menyalurkan gaya gempa.
- Pertemuan balok kolom berupa jepit yang mampu menerima momen. Kecuali pada pertemuan balok pratekan dengan kolom dimodelkan sendi yang tidak menerima momen.
- Perhitungan analisa struktur dilakukan dengan bantuan program SAP 90.

3.3. PEMBEBANAN

Jenis-jenis pembebanan yang harus diperhitungkan dalam perencanaan gedung ini adalah :

1. Beban Mati

Mencakup semua beban yang disebabkan oleh berat sendiri struktur yang bersifat tetap dan bagian lain yang tak terpisahkan dari gedung.

2. Beban Hidup

Mencakup semua beban yang terjadi akibat hunian atau penggunaan gedung, termasuk barang yang tidak permanen. Adapun Beban Hidup itu adalah :

- | | |
|-------------------------------|-------------------------|
| 1. Lantai untuk Kantor | = 250 kg/m ² |
| 2. Lantai untuk Rumah makan | = 250 kg/m ² |
| 3. Lantai untuk tempat parkir | = 800 kg/m ² |

3. Beban Angin

Beban angin diatur dalam PPI 1983 bab 4.

4. Beban Gempa

Beban gempa berdasarkan PPTGIUG 1983 dengan zone gempa 4 untuk daerah Surabaya.

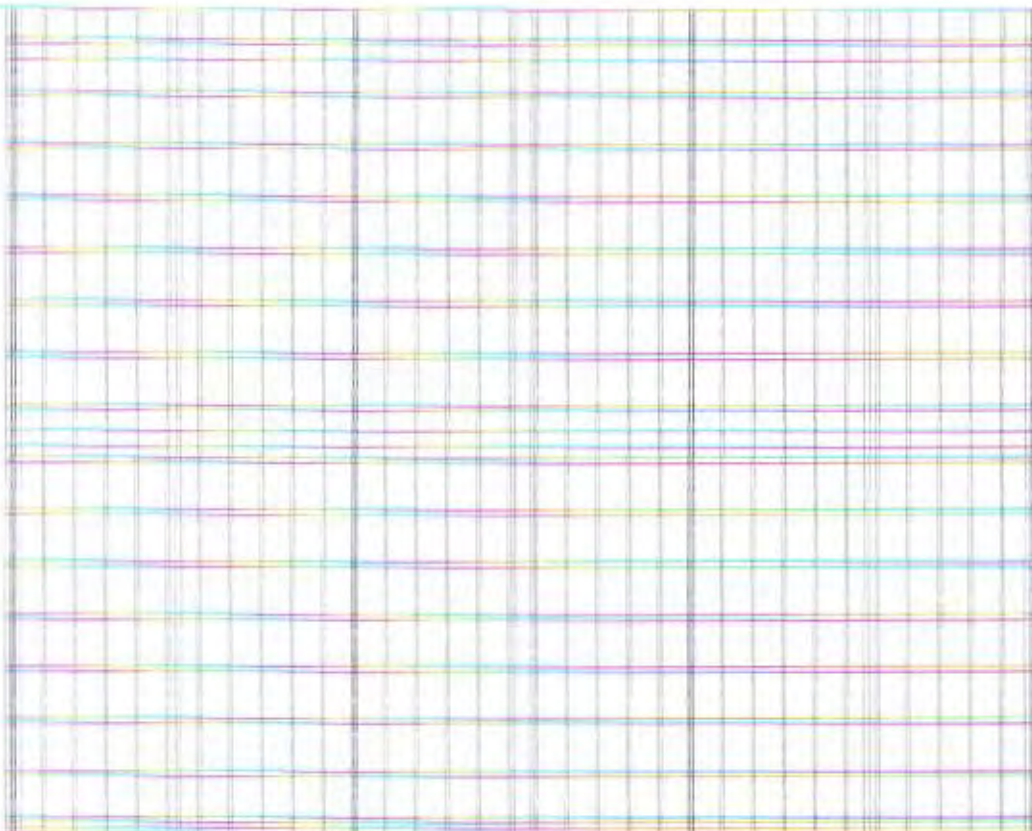
3.3.1. Pembebanan Atap

Bangunan rumah makan Biyung menggunakan genting sebagai penutup atapnya dan kayu sebagai kuda-kuda, gording, usuk, dan reng.

Perhitungan beban persatuan luas (q_1) :

Beban mati :

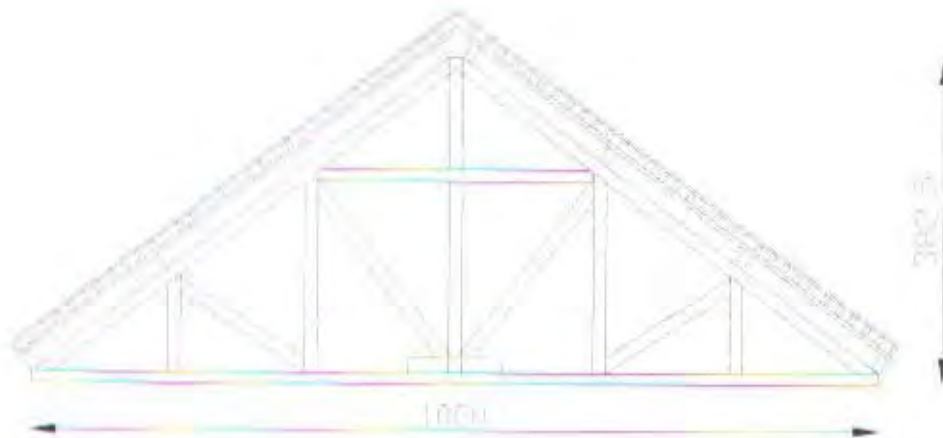
• genting, reng, usuk	:	50 kg/m ²
• plafon	:	11 kg/m ²
• penggantung	:	7 kg/m ² +
Jumlah	:	<u>68 kg/m²</u>



Gambar 3.1. Atap

Atap bertipe pelana dengan ketentuan sebagai berikut :

- jarak antar kuda-kuda : 3,7 m
- tinggi kuda-kuda : 3,7 m
- bentang kuda-kuda : 10 m



Gambar 3.2. Kuda-kuda

Perhitungan beban per satuan panjang (q_p)

$$\begin{aligned}
 q_p &= q_l \times \text{jarak antar kuda-kuda} \\
 &= 68 \text{ kg/m}^2 \times 3,7 \\
 &= 251,6 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat kuda-kuda} &= 0,15 \times 0,1 \times 38 \times 1000 \\
 &= 608 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Reaksi yang terjadi pada perletakan

$$= 251,6 \times 5 + 608/2$$

$$= 1562 \text{ kg}$$

3.3.2. Pembebanan Lantai

Beban Mati :

- berat sendiri	: 0.12×2400	= 288 kg/m^2
- plafond dan penggantung	: $11 + 7$	= 18 kg/m^2
- AC dan perpipaan		= 40 kg/m^2
- spesi (tebal 3 cm)	: 0.03×2100	= 63 kg/m^2
- tegel (tebal 3 cm)	: 0.03×2400	= 72 kg/m^2 +
	DL	= 481 kg/m^2

Beban hidup :

- Untuk rumah makan	: LL	= 250 kg/m^2
---------------------	------	------------------------

Total beban berfaktor = $1.2DL + 1.6LL$

$$= 1.2 \times 481 + 1.7 \times 250$$

$$= 977,2 \text{ kg/m}^2$$

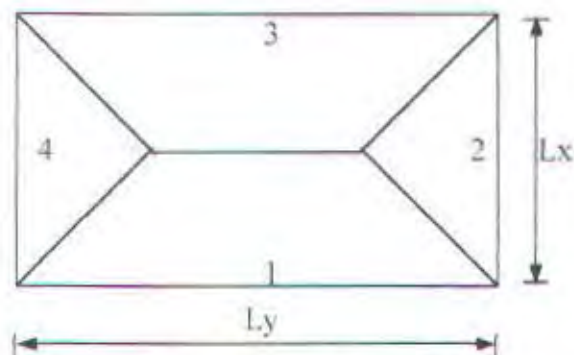
Perhitungan beban persatuan luas (q) pada atap

Beban mati :

- berat sendiri	: 0.12×2400	= 288 kg/m^2
- plafond dan penggantung	: $11 + 7$	= 18 kg/m^2
- aspal (tebal 1 cm)	: 0.01×1400	= 14 kg/m^2
- adukan penutup (1 cm)	: 0.01×1700	= 17 kg/m^2
- Ducting AC dan perpipaan		= 40 kg/m^2 +
		377 kg/m^2

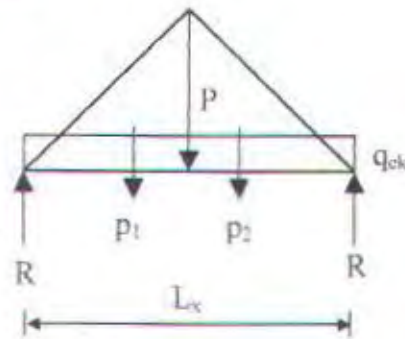
3.3.3. Perhitungan Pembebanan Vertikal

Beban vertikal yang diterima struktur terdiri dari beban mati dan beban hidup ditambah dengan beban vertikal akibat pengaruh gempa. Beban mati pada balok berasal dari berat sendiri balok dan beban mati yang diteruskan dari pelat. Disini akan diuraikan pembebanan yang berasal dari pelat, sedangkan berat sendiri balok tidak dibahas disini karena akan langsung diperhitungkan oleh program analisa struktur. Beban dari pelat merupakan beban area dengan satuan gaya per satuan luas. Beban ini disalurkan ke balok-balok yang menumpu pelat dengan metode tributary area.



Gambar 3.3. Tributary Area

Balok 1 dan 3 menerima beban trapesium dari pelat dan balok 2 dan 4 menerima beban segitiga dari pelat. Untuk tujuan kemudahan analisa struktur, beban trapesium dan segitiga dirubah kedalam beban merata ekuivalen. Beban merata ekuivalen didapatkan dengan menyamakan momen maksimum yang terjadi akibat beban trapesium / segitiga dengan momen maksimum yang terjadi akibat beban merata ekuivalen.

Beban segitiga

Gambar 3.4. Beban Ekvivalen dari Beban Segitiga

Gambar diatas menunjukkan beban yang diterima balok 2 dan 4 pada gambar yang berupa beban segitiga.

$$P = \frac{1}{2} q L_x$$

$$p_1 = p_2 = R = \frac{1}{2} P (\frac{1}{2} L_x)$$

$$= \frac{1}{4} P L_x$$

Momen maksimum terjadi di tengah bentang :

$$\begin{aligned} \text{Beban segitiga : } M_{\max \Delta} &= \frac{1}{4} P L_x (\frac{1}{2} L_x) + \frac{1}{4} P L_x (\frac{1}{3} \cdot \frac{1}{2} L_x) \\ &= \frac{1}{12} P L_x^2 \end{aligned}$$

$$\text{Beban ekvivalen : } M_{\max \text{ek}} = \frac{1}{8} q_{\text{ek}} L_x^2$$

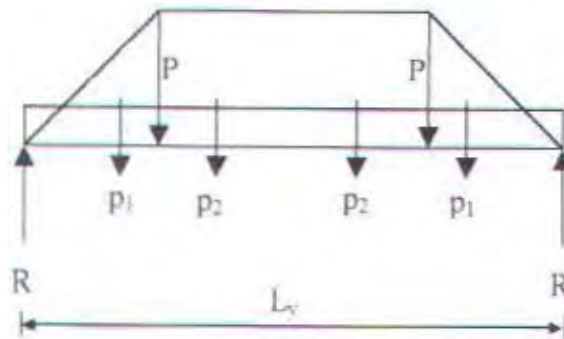
$$M_{\max \Delta} = M_{\max \text{ek}}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{12} P L_x^2 = \frac{1}{8} q_{\text{ek}} L_x^2$$

$$\Rightarrow q_{\text{ek}} = \frac{2}{3} \cdot P$$

$$= \frac{2}{3} \cdot (\frac{1}{2} q L_x)$$

$$q_{\text{ek}} = \frac{1}{3} \cdot q L_x \dots \dots \dots (3.1)$$

Beban Trapesium

Gambar 3.5. Beban Ekuivalen dari Beban Trapesium

Gambar diatas menunjukkan beban yang diterima balok 1 dan 3 pada gambar sebelumnya yang berupa beban segitiga :

$$P = \frac{1}{2} q L_x$$

$$p_1 = \frac{1}{2} P (\frac{1}{2} L_x)$$

$$= \frac{1}{4} P L_x$$

$$p_2 = \frac{1}{2} P (L_y - L_x)$$

Momen maksimum terjadi di tengah bentang :

$$\begin{aligned} M_{\max} \triangle &= R \cdot \frac{1}{2} L_y - p_1 \cdot (\frac{1}{2} L_y - \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{2} L_x) - p_2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} (L_y - L_x) \\ &= [\frac{1}{4} \cdot P \cdot L_x + \frac{1}{2} \cdot P \cdot (L_y - L_x)] \cdot \frac{1}{2} \cdot L_y - \frac{1}{4} P L_x (\frac{1}{2} L_y - \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{2} L_x) - \frac{1}{2} (L_y - L_x) \cdot P \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} (L_y - L_x) \\ &= \frac{1}{8} P L_y^2 - \frac{1}{24} P L_x^2 \end{aligned}$$

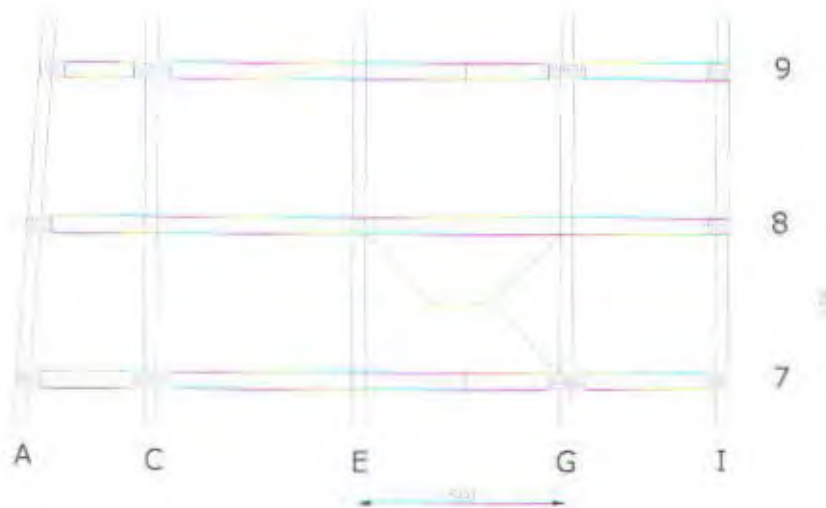
$$M_{\max ek} = \frac{1}{8} q_{ek} L_x^2$$

$$M_{\max} \triangle = M_{\max ek}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{8} P L_y^2 - \frac{1}{24} P L_x^2 = \frac{1}{8} q_{ek} L_x^2$$

$$\Rightarrow q_{ek} = \frac{1}{2} q L_x (1 - \frac{1}{3} (L_x / L_y)^2) \dots \dots \dots (3.2)$$

3.3.4. Perhitungan Beban Ekuivalen Yang Diterima Balok



Gambar 3.6. Beban ekuivalen pada balok

Perhitungan hanya untuk balok memanjang pada portal 7 dan 8 dan balok memanjang E dan G.

Dari perhitungan pembebanan diperoleh $q = 481 \text{ kg/m}^2$

$$\begin{aligned}
 \text{Pada balok 8 : } q_{ek} &= 2 \times 1/2 \times q \times l_x \times (1 - 1/3 \times (L_x/L_y)^2) \\
 &= 2 \times 1/2 \times 481 \times 3,70 \times (1 - 1/3 \times (3,70/5)^2) \\
 &= 1455 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Pada balok G : } q_{ek} &= 2 \times 1/3 \times q \times L_x \\
 &= 2 \times 1/3 \times 481 \times 3,7 \\
 &= 1186 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Cara yang sama digunakan untuk mencari beban ekuivalen yang diterima oleh setiap balok dan hasilnya ditunjukkan dalam tabel.

Tabel 3.1. Beban ekuivalen balok

LANTAI	PORTAL	BALOK	BEBAN	qek	LANTAI	PORTAL	BALOK	BEBAN	qek
2 DAN 3	PORTAL 1	A - B	MATI	560.04	2 DAN 3	PORTAL A	1 - 2	MATI	590.50
		B - D	481	636.06			2 - 3	481	580.52
		D - E	(kg.m2)	636.06			3 - 4	(kg.m2)	637.97
		E - F		636.06			4 - 5		597.05
		F - G		416.87			5 - 6		589.72
	PORTAL 2	A - B		1041.69			6 - 7		578.10
		B - D		1413.11			7 - 8		559.24
		D - E		1413.11			8 - 9		533.23
		E - F		1413.11			9 - 10		499.94
		F - G		1413.11			10 - 11		461.16
		G - I		833.73		PORTAL B	1 - 2		1183.73
	PORTAL 3	A - B		1112.17			2 - 3		580.52
		B - C		1410.42		PORTAL C	3 - 4		1186.47
		C - E		1504.48			4 - 5		1186.47
		E - G		1504.48			5 - 6		1182.96
		G - H		1354.25			6 - 7		1171.33
		H - I		994.07			7 - 8		1152.47
	PORTAL 4	A - C		1186.74			8 - 9		1126.47
		C - E		1186.47			9 - 10		1063.17
		E - G		1186.47			10 - 11		1054.40
		G - I		1154.40		PORTAL D	1 - 2		1186.47
	PORTAL 5	A - C		1152.58		PORTAL E	2 - 3		1186.47
	PORTAL 6	A - C		1069.66			3 - 4		1186.47
	PORTAL 7	A - C		987.25			4 - 5		1186.47
	PORTAL 8	A - C		903.24			5 - 6		1186.47
	PORTAL 9	A - C		820.76			6 - 7		1186.47
	PORTAL 10	A - C		808.26			7 - 8		1186.47
	PORTAL 11	A - C		419.18			8 - 9		1186.47
	PORTAL 1	A - B	HIDUP	291.08			9 - 10		1186.47
		B - D	250	330.59			10 - 11		1186.47
		D - F	(kg.m2)	330.59		PORTAL F	1 - 2		1186.47
		F - H		330.59		PORTAL G	3 - 4		1185.82
		H - I		216.67			4 - 5		1185.82
	PORTAL 2	A - B		541.42			5 - 6		1185.82
		B - D		734.46			6 - 7		1185.82
		D - E		734.46			7 - 8		1185.82
		E - F		734.46			8 - 9		1185.82
		F - H		734.46			9 - 10		1185.82
		H - I		433.33			10 - 11		1185.82
	PORTAL 3	A - B		578.05		PORTAL H	1 - 2		1115.61
		B - C		733.07			2 - 3		1115.61
		C - E		781.95		PORTAL I	1 - 2		522.38
		E - G		781.95			2 - 3		522.38
		G - H		703.87			3 - 4		592.59
		H - I		516.67			4 - 5		592.59
	PORTAL 4	A - C		616.81			5 - 6		592.59
		C - E		616.67			6 - 7		592.59
		E - G		616.67			7 - 8		592.59
		G - I		600.00			8 - 9		592.59
	PORTAL 5	A - C		599.06			9 - 10		592.59
	PORTAL 6	A - C		555.96			10 - 11		592.59
	PORTAL 7	A - C		513.13					
	PORTAL 8	A - C		469.46					
	PORTAL 9	A - C		426.59					
	PORTAL 10	A - C		420.09					
	PORTAL 11	A - C		217.87					

LANTAI	PORTAL	BALOK	BEBAN	qek
2 DAN 3	PORTAL A	1-2	HIDUP	306.91
		2-3	250	301.73
		3-4	(kg/m ²)	308.33
		4-5		308.33
		5-6		306.51
		6-7		300.47
		7-8		290.66
		8-9		277.15
		9-10		259.84
		10-11		239.69
	PORTAL B	1-2		615.25
		2-3		610.06
	PORTAL C	3-4		616.67
		4-5		616.67
		5-6		614.84
		6-7		608.80
		7-8		599.00
		8-9		585.48
		9-10		568.18
		10-11		548.02
	PORTAL D	1-2		616.67
	PORTAL E	2-3		616.67
		3-4		616.67
		4-5		616.67
		5-6		616.67
		6-7		616.67
		7-8		616.67
		8-9		616.67
		9-10		616.67
		10-11		616.67
	PORTAL F	1-2		616.67
	PORTAL G	3-4		616.33
		4-5		616.33
		5-6		616.33
		6-7		616.33
		7-8		616.33
		8-9		616.33
		9-10		616.33
		10-11		616.33
	PORTAL G	3-4		308.00
		4-5		308.00
		5-6		308.00
		6-7		308.00
		7-8		308.00
		8-9		308.00
		9-10		308.00
		10-11		308.00
	PORTAL H	1-2		579.84
		2-3		579.84
	PORTAL I	1-2		271.51
		2-3		271.51
		3-4		308.00
		4-5		308.00
		5-6		308.00
		6-7		308.00
		7-8		308.00
		8-9		308.00
		9-10		308.00
		10-11		308.00

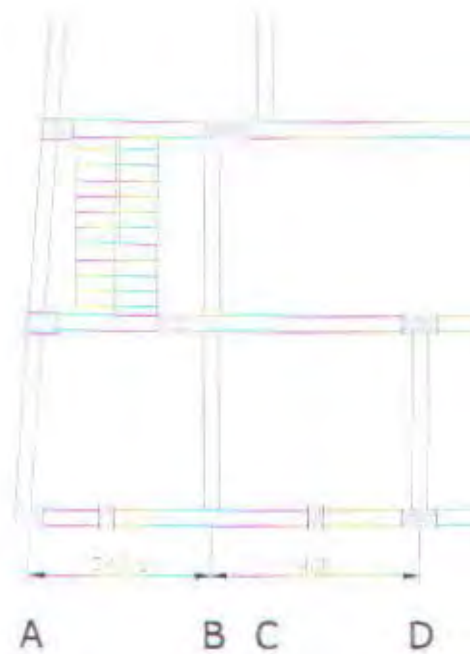
LANTAI	PORTAL	BALOK	BEBAN	qek
ATAP	PORTAL 2	A-B	MATI	408.23
		B-E	377	570.14
		E-H	(kg/m ²)	570.14
		H-I		326.73
	PORTAL 3	A-B		908.26
		B-E		570.14
		E-H		570.14
		H-I		779.13
	PORTAL 5	A-C		935.48
		G-I		904.80
		A-C		802.53
		G-I		904.80
	PORTAL 9	A-C		610.34
		G-I		904.80
	PORTAL 11	A-C		239.48
		G-I		452.40
	PORTAL 2	A-B	HIDUP	108.28
		B-E	100	151.23
		E-H	(kg/m ²)	151.23
		H-I		88.67
	PORTAL 3	A-B		240.92
		B-E		151.23
		E-H		151.23
		H-I		206.67
	PORTAL 5	A-C		248.14
		G-I		240.00
	PORTAL 7	A-C		212.87
		G-I		240.00
	PORTAL 9	A-C		161.89
		G-I		240.00
	PORTAL 11	A-C		63.52
		G-I		120.00
	PORTAL A	2-3	MATI	455.00
		3-5	377	677.76
		5-7	(kg/m ²)	605.43
		7-9		526.79
		9-11		441.04
	PORTAL B	2-3		1016.17
	PORTAL C	3-5		677.76
		5-7		605.43
		7-9		526.79
		9-11		441.04
	PORTAL E	2-3		1122.34
	PORTAL G	3-5		625.07
		5-7		625.07
		7-9		625.07
		9-11		625.07
	PORTAL H	2-3		970.60
	PORTAL I	2-3		409.43
		3-5		625.07
		5-7		625.07
		7-9		625.07
		9-11		625.07
	PORTAL A	2-3	HIDUP	120.69
		3-5	100	179.78
		5-7	(kg/m ²)	160.39
		7-9		139.73
		9-11		116.99
	PORTAL B	2-3		244.02
	PORTAL C	3-5		179.78
		5-7		160.39
		7-9		139.73
		9-11		116.99
	PORTAL E	2-3		246.67
	PORTAL G	3-5		165.80
		5-7		165.80
		7-9		165.80
		9-11		165.80
	PORTAL H	2-3		231.94
	PORTAL I	2-3		108.60
		3-5		165.80
		5-7		165.80
		7-9		165.80
		9-11		165.80

3.3.5. Beban Dinding

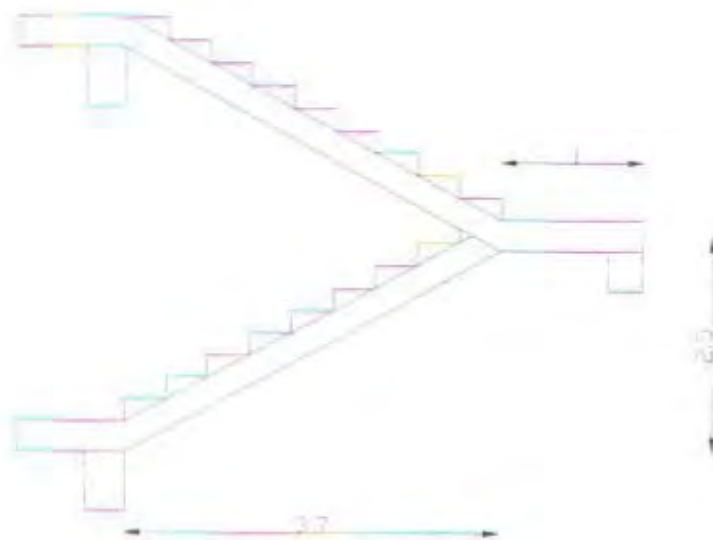
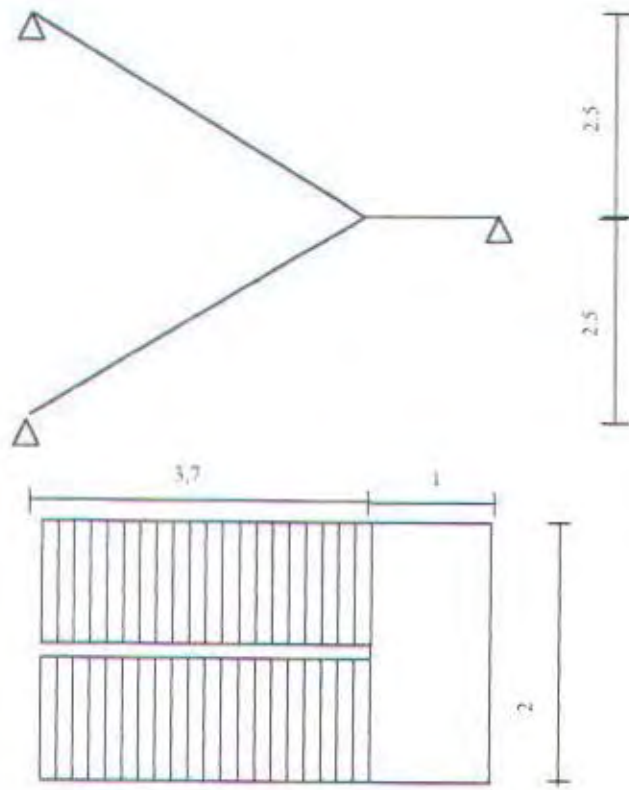
Menurut Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983, berat dinding pasangan bata merah 1 batu dihitung sebesar 450 kg/m^2 . Jadi untuk beban akibat dinding dihitung sebesar :

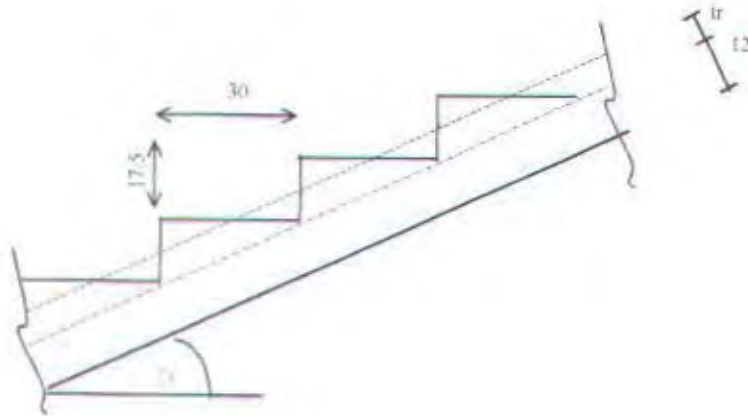
$$\begin{aligned} q &= 5 \text{ m} \times 450 \text{ kg/m}^2 \\ &= 2250 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

3.3.6. Beban Tangga



Gambar 3.7. Denah Tangga





Gambar 3.8. Potongan tangga

Data-data tangga :

$$f_c' = 32,5 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 260 \text{ Mpa}$$

$$p \text{ (panjang)} = 370 \text{ cm}$$

$$b \text{ (lebar)} = 100 \text{ cm}$$

$$h \text{ (tinggi)} = 500 \text{ cm}$$

$$\text{tinggi bordes} = 250 \text{ cm}$$

$$\text{lebar injakan} = 30 \text{ cm}$$

$$\text{tinggi injakan} = 17,5 \text{ cm}$$

$$\alpha = \arctan (17,5/30)$$

$$= 30,25^\circ$$

$$\text{tebal rata-rata} = i/2 \cdot \sin \alpha$$

$$(tr) = 30/2 \cdot \sin 30,25$$

$$= 7,57 \text{ cm}$$

$$\text{tebal total} = 12 + 7,57$$

$$= 19,57 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm}$$

Pembebanan tangga

1. Beban mati

$$\text{- berat sendiri} = 0.2 \times 2400 \times \frac{1}{\cos 30.25^\circ} = 555,66 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{- spesi + tegel} = 3 \times (21 + 24) \times \frac{30 + 17.5}{30} = 168,75 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{- sandaran} = \frac{20 \text{ kg/m}^2 +}{744,41 \text{ kg/m}^2}$$

2. Beban hidup

$$\text{- untuk restoran (PPIUG 1983)} = 300 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Total beban berfaktor (q}_1\text{)} = 1,2\text{DL} + 1,6\text{LL}$$

$$= 1,2 \times 744,41 + 1,6 \times 300$$

$$= 1373,292 \text{ kg/m}^2$$

Pembebanan bordes

1. Beban mati

$$\text{- berat sendiri} = 0.12 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{- spesi+tegel} = 3 \times (21 + 24) = \frac{135 \text{ kg/m}^2 +}{423 \text{ kg/m}^2}$$

2. Beban hidup

$$\text{- untuk restoran (PPIUG 1983)} = 300 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Total beban berfaktor (q}_2\text{)} = 1,2 \times 423 + 1,6 \times 300$$

$$= 987,6 \text{ kg/m}^2$$



Gambar 3.9. pemodelan tangga

$$\sum M_A = 0$$

$$= \frac{1}{2} (1373,292) \cdot 3,7^2 + 987,6 \cdot (3,7 + 0,5) - R_B \cdot 4,7 = 0$$

$$R_B = 2882 \text{ kg}$$

$$\sum V = 0$$

$$R_A = 1373,292 \times 3,7 + 987,6 \times 1 - 2882$$

$$= 3186 \text{ kg}$$

3.3.7. Beban Gempa

Pengaruh gaya gempa horizontal terhadap struktur gedung diperoleh dengan bantuan program SAP 90. Penjelasan untuk penggunaan SAP 90 dapat dilihat pada BAB 3.4. INPUT DATA SAP 90.

3.3.8. Beban Angin

Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif, yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan tekanan negatif ini dinyatakan dalam kg/m^2 ,

ditentukan dengan mengalikan tekanan tiup yang ditentukan dalam pasal 4.2. PPIUG 1983 dengan koefisien-koefisien angin dalam pasal 4.3. PPIUG 1983. Untuk gedung dengan tinggi tidak lebih dari 16 m maka tidak diperlukan peninjauan beban angin (pasal 4.4. PPIUG 1983).

3.3. INPUT DATA SAP90

1. SYSTEM Data Blok

Blok data ini berfungsi sebagai informasi pengontrol dari struktur yang akan dianalisa.

L = jumlah kondisi pembebanan

V = jumlah eigen value (mode shape) yang akan dihitung

2. JOINTS Data Blok

Blok data ini berguna untuk mendefinisikan joint-joint dan kedudukan (koordinat) pada struktur. Yang dimaksud joint adalah :

- Masing-masing perletakan
- Hubungan antara balok dan kolom, balok dan balok.
- Ujung dari suatu batang/element balok atau kolom.
- Perbedaan dari suatu material.
- Joint pemandu, joint semu dan joint pertolongan.

3. RESTRAINTS

Setiap joint pada struktur mempunyai 6 derajat kebebasan (degrees of freedom) yaitu tiga translasi joint arah global X, Y, Z dan rotasi joint arah global X, Y, Z. Data Restraints ini bertujuan untuk mendefinisikan derajat kebebasan suatu joint dengan memberi nilai 0 atau 1 yang berarti jika perpindahan atau rotasi

bernilai 0 maka joint tersebut memiliki kebebasan untuk bertranslasi atau berputar, sebaliknya jika Restraint bernilai 1 berarti joint tersebut tidak dapat berpindah (translasi) atau berputar (rotasi).

Bentuk penulisan :

Separator

RESTRAINTS

Data Restraints

J1, j2, inc R = r1, r2, r3, r4, r5, r6

dimana :

- j1 nomor joint awal
- j2 nomor joint akhir
- inc penambahan nomor joint
- r1 kode restraint untuk translasi arah-x
- r2 kode restraint untuk translasi arah-y
- r3 kode restraint untuk translasi arah-z
- r4 kode restraint untuk rotasi arah-x
- r5 kode restraint untuk rotasi arah-y
- r6 kode restraint untuk rotasi arah-z

Beberapa prinsip dasar perletakan mungkin berguna untuk menjelaskan kaidah restraints suatu joint perletakan yaitu :

- Perletakan Sendi

Sendi hanya mendukung gaya tarik dan gaya tekan yang berarah sembarang.

Sedang garis kerjanya akan selalu melalui pusat sendi.

Contoh :

Frame 2-D : $R=1,1,1,1,0,1$

Frame 3-D : $R=1,1,1,0,0,1$

- Perletakan Rol

Rol hanya meneruskan gaya tekan/desak yang berarah tegak lurus bidang perletakan/arrah vertikal

Contoh :

Frame 2-D : $R=0,1,1,1,0,1$

Frame 3-D : $R=0,0,1,0,0,1$

- Perletakan Jepit

Jepit adalah perletakan yang dapat meneruskan segala macam gaya baik gaya tekan, tarik maupun momen.

Contoh :

Frame 2-D : $R=1,1,1,1,1,1$

Frame 3-D : $R=1,1,1,1,1,1$

- Dependent Joints $R = 1,1,0,0,0,1$

- Master joints $R = 0,0,1,1,1,0$

4. MASSES Data Block

Memuat informasi mengenai massa dan momen inersia massa (MMI) dari tiap-tiap lantai yang dinyatakan dalam bentuk $M = m_x, m_y, m_z, m_{rx}, m_{ry}, m_{rz}$.

Momen inersia massa tiap lantai dapat dihitung dengan rumus :

$$MMI = (M/12)(b^2 + d^2) + MD^2$$

dimana :

M = massa total dari segment yang ditinjau

- b = lebar dari tiap segmen yang ditinjau
- d = panjang dari tiap segmen yang ditinjau
- D = jarak dari tiap titik pusat segmen yang ditinjau terhadap titik pusat total segmen.

Langkah – langkah perhitungan untuk mendapatkan massa, titik pusat massa, dan massa momen inersia dari tiap-tiap lantai adalah sebagai berikut :

- Hitung massa total dari tiap lantai yang meliputi massa pelat, balok, kolom, beban tembok, beban hidup dan beban-beban lain yang berhubungan.
- Hitung letak titik pusat massa dengan cara mengambil suatu titik referensi, kemudian baru dihitung statis moment terhadap titik referensi tersebut.
- Bagi statis moment tersebut dengan massa total dari lantai tersebut, sekarang kita telah mendapatkan letak titik pusat massa dari lantai tersebut.
- Hitung moment inersia massa dari setiap elemen-elemen lantai tersebut terhadap titik pusat massa dengan rumus di atas

5. FRAME Data Block

Memuat informasi mengenai data-data dari elemen-elemen batang (frame) tiga dimensi pada struktur yang dianalisa meliputi lokasi, properti, dan beban yang bekerja pada setiap elemen.

NM = Number of Material, menyatakan jumlah material yang digunakan dalam analisa struktur

NL = Number of Load Identification, menyatakan jumlah macam beban yang ada pada struktur.

Penulisan macam pembebanan dibedakan antara beban mati dan beban hidup yang nantinya akan dikombinasikan dalam blok data COMBO.

6. LOADS Data Block

Memuat informasi mengenai beban-beban pada joints yang berasal dari beban terpusat balok anak.

7. SPEC Data Block

Memuat informasi mengenai data-data yang berhubungan dengan analisa dinamis yang menggunakan analisa respons spectrum.

A = sudut eksitasi (satuan derajat)

= 77, yaitu searah resultante vektor sebesar 100 pada sumbu Y
(sumbu lemah) dan pada sumbu X (sumbu kuat)

S = Faktor skala respons Spectrum

= 9.81 m/s^2 (default)

D = Damping ratio

= 5% = 0.05 (untuk gedung beton bertulang)

Untuk data respons spectrum pada zone 4 tanah lunak, diambil dari
PPTGIUG'83 Gambar 2.3



BAB IV

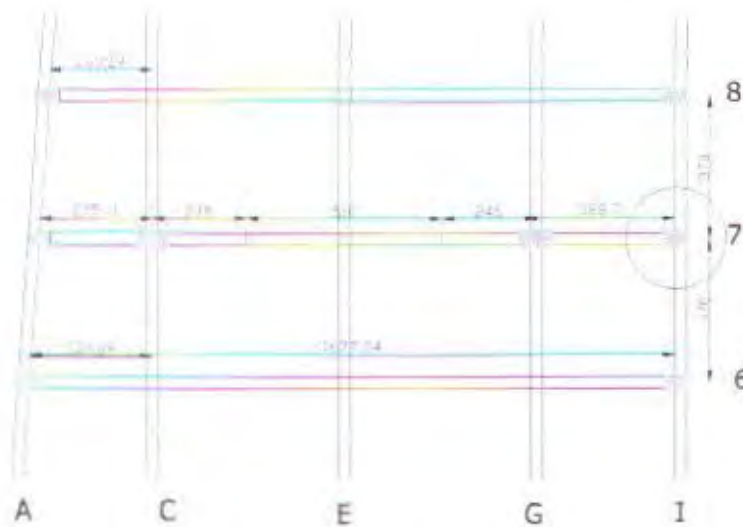
PERENCANAAN STRUKTUR BARU

BAB IV

PERENCANAAN STRUKTUR BARU

4.1. PERENCANAAN KOLOM

Pada perencanaan renovasi ini tidak semua kolom yang akan direncanakan, melainkan kolom-kolom tertentu yang berkaitan langsung dengan balok yang diprategang. Untuk contoh perhitungan akan diambil satu kolom yaitu kolom pada portal 7-1, karena kolom ini menerima momen dan aksial yang paling besar.



Gambar 4.1. Kolom lantai 1

Pertama akan dihitung kemampuan kolom yang ada, dalam hal ini digunakan diagram interaksi.

4.1.1. Data-data kolom :

- b = 400 mm
- h = 600 mm

- f'_c = 32.5 Mpa
- f_y = 260 Mpa
- jumlah tulangan = 8 D 25 (dua sisi)

Dari hasil perhitungan program SAP 90 diperoleh :

Momen Ultimate beban berfaktor = 45.42 tm = 4.456×10^8 Nmm

Gaya tekan aksial = 93.06 ton = 9.129×10^5 N

Data Perencanaan :

- b = 400 mm
- h = 600 mm
- f'_c = 32.5 Mpa
- f_y = 260 Mpa
- E_s = 2×10^5 MPa
- E_c = 26794.1 MPa
- P_u = 880839.9 N
- M_{2b} = 4.456×10^8 Nmm
- M_{1b} = 7.662×10^8 Nmm
- M_{2s} = 7.151×10^7 Nmm
- M_{1s} = 6.720×10^7 Nmm

4.1.2. Periksa Kelangsingan Kolom

$$\begin{aligned}
 I_{\text{balok}} (I_g) &= \frac{1}{12} b \cdot h^3 \\
 &= \frac{1}{12} 300 \times 500^3 \\
 &= 3125000000 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$I_{cr} = 0.5 I_g$$

$$= 0.5 \times 3125000000$$

$$= 15625000000 \text{ mm}^4$$

$$EI = E_{\text{exler}}$$

$$= 26794.1 \times 15625000000$$

$$= 4.18658 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2$$

$$I_{\text{kolom (lg)}} = \frac{1}{12} b \cdot h^3$$

$$= \frac{1}{12} 400 \times 600^3$$

$$= 7.200 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$I_{\text{se}} = A_{\text{st}}(0.5(h-2d))^2$$

$$= 2943.75(600-2 \times 40)^2$$

$$= 2.642 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

$$\beta d = \frac{1.2D}{1.2D + 1.6L}$$

$$= \frac{1.2 \times 57.95}{1.2 \times 57.95 + 1.6 \times 14.41} \quad (\text{dari hasil output SAP 90})$$

$$= 0.751$$

$$EI_{\text{(kolom) 1}} = \frac{E_{\text{exlg}}/5 + E_{\text{s}} I_{\text{se}}}{1 + \beta d} \quad (\text{SKSNI 3.3.11-5.2; Chu Kia Wang}$$

pers.15.10.8)

$$= \frac{26794.1 \times 7.200 \times 10^9 / 5 + 200000 \times 2.642 \times 10^8}{1 + 0.751}$$

$$= 5.222.10^{13} \text{ Nmm}^2$$

$$EI (\text{kolom}) 2 = \frac{Ecxlg / 2.5}{1 + \beta d} \quad (\text{SKSNI 3.3.11-5.2; Chu Kia Wang}$$

pers. 15.10.9)

$$= \frac{26794.1 \times 7.200 \times 10^9 / 2.5}{1 + 0.751}$$

$$= 4.407.10^{13} \text{ Nmm}^2$$

Di ambil EI yang terbesar,

$$EI = 5.222.10^{13} \text{ Nmm}^2$$

$$\begin{aligned} \psi (\text{atas}) &= \frac{\sum EI / L, \text{kolom}}{\sum EI / L, \text{balok}} \\ &= \frac{2 \times (5.222.10^{13} / 5000)}{4.18658.10^{13} / 3600} \\ &= 1.79 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \psi (\text{bawah}) &= \frac{\sum EI / L, \text{kolom}}{\sum EI / L, \text{balok}} \\ &= \frac{2 \times (5.222.10^{13} / 5000)}{4.18658.10^{13} / 3600} \\ &= 1.79 \end{aligned}$$

Dari Diagram Alignment

didapat $k = 1.55$

$$\begin{aligned} r &= 0.3 \times h = 0.3 \times 700 \\ &= 210 \text{ mm} \end{aligned}$$

menurut SKSNI 3.3.11-4.2,

$$\frac{kxLn}{r} < 22$$

untuk struktur yang tidak ditahan terhadap

goyangan ke samping.

$$\frac{1.95 \times 4500}{210} = 43.06 > 22$$

Jadi kolom termasuk jenis kolom langsing, sehingga perlu pembesaran momen.

4.1.3. Perhitungan Pembesaran Momen

$$\begin{aligned} P_c &= \frac{\pi^2 EI}{(k.L_n)^2} \\ &= \frac{\pi^2 \times 5.222.10^{13}}{(1.55 \times 5000)^2} \\ &= 1.058 \times 10^7 \text{ N} \end{aligned}$$

$$C_m = 1 \quad (\text{SKSNI 3.3.11.1})$$

$$\begin{aligned} \delta_b &= \frac{C_m}{1 - \left(\frac{P_u}{\phi P_c} \right)} \geq 1 \\ &= \frac{1}{1 - \left(\frac{912918.6}{0.65 \times 1.058 \times 10^7} \right)} \\ &= 1.153 \end{aligned}$$

Untuk menghitung δ_s , menggunakan $\sum P_u$ dan $\sum P_c$ melalui pendekatan pada portal 5 saja.

$$\sum P_u = 1825837.2 \text{ N} \quad (\text{dari hasil SAP 90})$$

$$\begin{aligned} \beta_d &= \frac{M_{2b}}{M_{2b} + M_{2s}} \\ &= \frac{4.456 \times 10^8}{4.456 \times 10^8 + 7.151 \times 10^7} \\ &= 0.862 \end{aligned}$$

$$EI (\text{kolom})_1 = \frac{E_c I_g / 5 + E_s I_{se}}{1 + \beta_d} \quad (\text{SKSNI 3.3.11-5.2; Chu Kia Wang}$$

pers.15.10.8)

$$= \frac{26794.1 \times 1.429 \times 10^{10} / 5 + 200000 \times 2.308 \times 10^8}{1 + 0.862}$$

$$= 4.911.10^{13} \text{ Nmm}^2$$

$$EI (\text{kolom}) 2 = \frac{E_c I_g / 2.5}{1 + \beta_d} \quad (\text{SKSNI 3.3.11-5.2; Chu Kia Wang pers.15.10.9})$$

$$= \frac{26794.1 \times 1.429 \times 10^{10} / 2.5}{1 + 0.862}$$

$$= 4.14 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2$$

$$\psi (\text{atas}) = \frac{\sum EI / L, \text{kolom}}{\sum EI / L, \text{balok}}$$

$$= \frac{2 \times (4.911.10^{13} / 5000)}{4.18658.10^{13} / 3600}$$

$$= 1.87$$

$$\psi (\text{bawah}) = \frac{\sum EI / L, \text{kolom}}{\sum EI / L, \text{balok}}$$

$$= \frac{2 \times (4.911.10^{13} / 5000)}{4.18658.10^{13} / 3600}$$

$$= 1.87$$

Dari Diagram Alignment

didapat $k = 1.55$

$$P_c = \frac{\pi^2 \times EI}{(k \cdot L_n)^2}$$

$$= \frac{\pi^2 \times 4.911.10^{13}}{(1.55 \times 5000)^2}$$

$$= 7.959 \times 10^6 \text{ N}$$

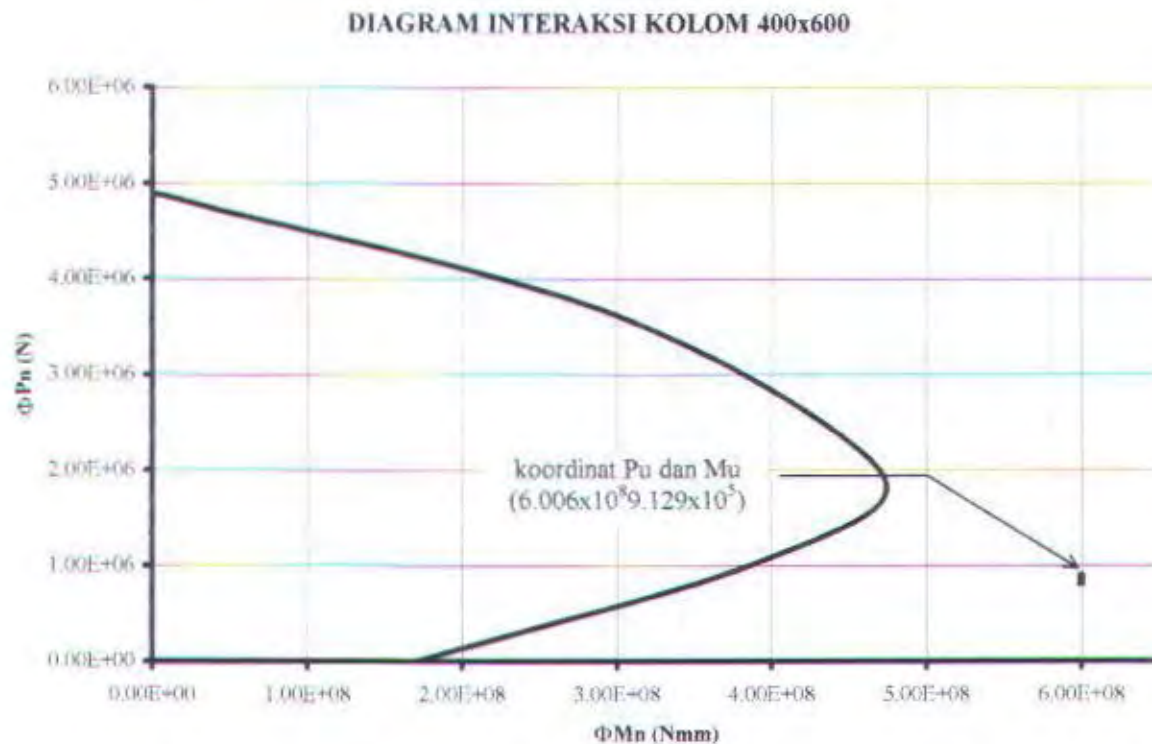
$$\Sigma P_c = 2P_c = 1.592 \times 10^7 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \delta_s &= \frac{1}{1 - \frac{\Sigma P_u}{\Phi \Sigma P_c}} \\ &= \frac{1}{1 - \frac{1825837.2}{0.65 \times 1.592 \times 10^7}} \\ &= 1.214 \end{aligned}$$

Momen setelah diperbesar :

$$\begin{aligned} M_{ux} &= \delta_b \times M_{2b} + \delta_s \times M_{2s} \\ &= 1.153 \times 4.465 \times 10^8 + 1.214 \times 7.151 \times 10^7 \\ &= 6.006 \times 10^9 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Cek dengan diagram interaksi



Gambar 4.2. Diagram Interaksi Kolom

Dari diagram interaksi diatas, diketahui bahwa kolom tidak dapat memikul beban P_u dan M_u , sehingga perlu pembesaran dimensi dan penambahan tulangan.

4.1.4. Pembesaran Kolom

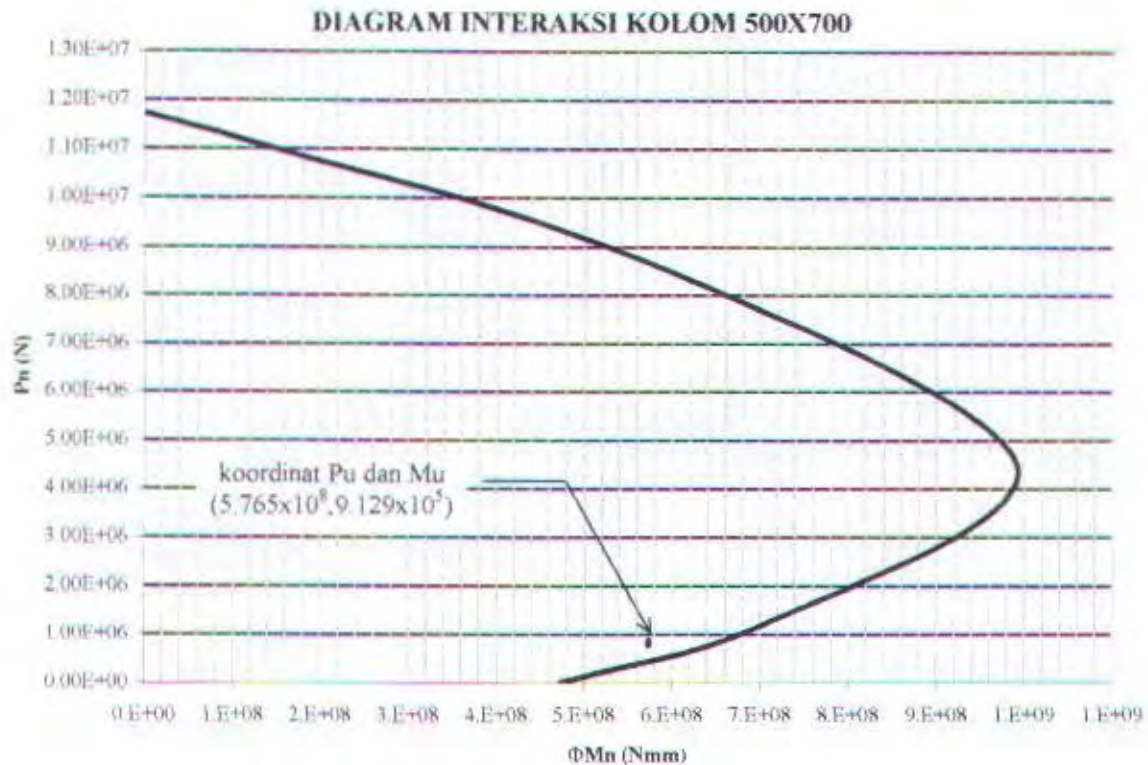
Data Perencanaan :

□ b	= 500 mm
□ h	= 700 mm
□ f'_c	= 32.5 Mpa
□ f_y	= 260 Mpa
□ E_s	= 2×10^5 MPa
□ E_c	= 26794.1 MPa
□ P_u	= 880839.9 N
□ M_{2b}	= 5.031×10^8 Nmm
□ M_{1b}	= 3.767×10^8 Nmm
□ M_{2s}	= 7.151×10^7 Nmm
□ M_{1s}	= 6.720×10^7 Nmm
□ jumlah tulangan	= 8 D 25 (dua sisi)
□ tulangan tambahan	= 4 D 32 (satu sisi)

Dengan langkah-langkah perhitungan yang sama seperti diatas didapatkan :

$$M_u = 5.765 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

Dan di cek dengan diagram interaksi



Gambar 4.3. Diagram Interaksi Kolom Baru

Dari Diagram Interaksi diatas terlihat bahwa kolom mencukupi untuk mengantisipasi gaya yang terjadi.

Untuk kolom-kolom yang lain dapat dilihat pada lampiran.

4.1.5. Penulangan Geser Kolom

$$V_u = 7.52 \text{ ton} = 73771.2 \text{ N}$$

Tegangan geser yang dipikul beton (V_c) :

$$\begin{aligned} \Phi V_c &= 0.6 \frac{\sqrt{f'_c}}{6} b_w d \left(1 + \frac{N_u}{14 h^2} \right) \\ &= 0.6 \frac{\sqrt{32.5}}{6} 500.660 \left(1 + \frac{880839.9}{14 \times 600^2} \right) \\ &= 2009184 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0.5 \Phi V_c &= 0.5 \times 0.6 \times 334860.9 \text{ N} \\ &= 100458.27 \text{ N} \end{aligned}$$

Jadi penulangan geser termasuk kategori $<V_u < 0.5\phi V_c$, maka tidak perlu tulangan.

Dipasang tulangan sengkang $\Phi 8-20$

4.2. PERENCANAAN BALOK PRATEKAN

4.2.1. Umum

Sistem pratekan adalah suatu perkembangan dari teknologi konstruksi beton yang memanfaatkan semaksimal mungkin kemampuan beton dan baja bermutu tinggi. Beton selama ini dikenal sebagai bahan konstruksi yang kuat menahan tekan tapi lemah dalam menahan tarik. Sebaliknya baja merupakan bahan yang kuat menerima tarik tapi tidak ekonomis sebagai struktur penahan tekan. Dengan demikian kondisi optimal akan diperoleh jika dapat dibuat sedemikian rupa sehingga beton selalu tertekan dan baja selalu tertarik. Hal inilah yang menjadi prinsip dasar sistem pratekan.

Keuntungan dari balok pratekan adalah kemampuannya yang sangat tinggi dalam memikul beban lebih dibanding dengan konstruksi beton bertulang dengan dimensi yang sama. Jadi untuk bentang yang panjang dibutuhkan dimensi yang jauh lebih kecil daripada bila didesain dari beton bertulang biasa. Sehingga tinggi bebas ruangan tetap memenuhi standar begitu juga dengan luas dapat lebih bebas. Dalam renovasi gedung ini diinginkan ruangan luas yang tidak terhalang kolom, dengan tujuan untuk kenyamanan. Akibat penghilangan kolom tersebut dijumpai balok dengan bentang ± 17 m. diharapkan dengan memakai konstruksi pratekan ini akan diperoleh konstruksi diinginkan.

Perencanaan balok pratekan dilakukan dengan langkah perhitungan sebagai berikut:

- ❑ Menentukan gaya prategang awal yang memenuhi syarat
- ❑ Menentukan tata letak tendon
- ❑ Menentukan gaya jacking yang dibutuhkan
- ❑ Perhitungan kehilangan gaya pratekan
- ❑ Kontrol tegangan yang terjadi
- ❑ Perhitungan kekuatan ultimate beton pratekan
- ❑ Perhitungan gaya geser dan torsi balok pratekan

4.2.2. Langkah-langkah Perhitungan

4.2.2.1. Material Balok Pratekan

1. Beton

- beton f_c' = 32.5 Mpa
- E_c = $4700 \sqrt{f_c'}$ = 26794 Mpa
- Tegangan ijin tekan saat jacking = $0.6f_c'$ = 19.5 Mpa
- Tegangan ijin tarik saat jacking = $0.25 \sqrt{f_c'}$ = 1.43 Mpa
- Tegangan ijin tekan saat servis = $0.45f_c'$ = 14.63 Mpa
- Tegangan ijin tarik saat servis = $0.5 \sqrt{f_c'}$ = 2.85 Mpa

2. Tendon prategang dari sistem K-Range Freyssinet :

- Strand :
 - material = uncoated 7 wire strand stress-relieved
 - tipe = diameter 15.24 mm
 - spesifikasi = ASTM A 416-90 (Grade 270) Low relaxation
 - F_u = 260700 N ; f_u = 1862 Mpa
 - F_y = 221500 N ; f_y = 1582 Mpa
 - Luas = 140 mm²

$$E_s = 195000 \text{ MPa}$$

- Anker : 27 K 15

4.2.2.2. Desain Awal

Dalam menentukan tinggi dan lebar penampang digunakan cara :

Cara empiris: $h = L/25 - L/20$

dimana: L = panjang bentang balok

Sebagai contoh perhitungan diambil balok portal 7.

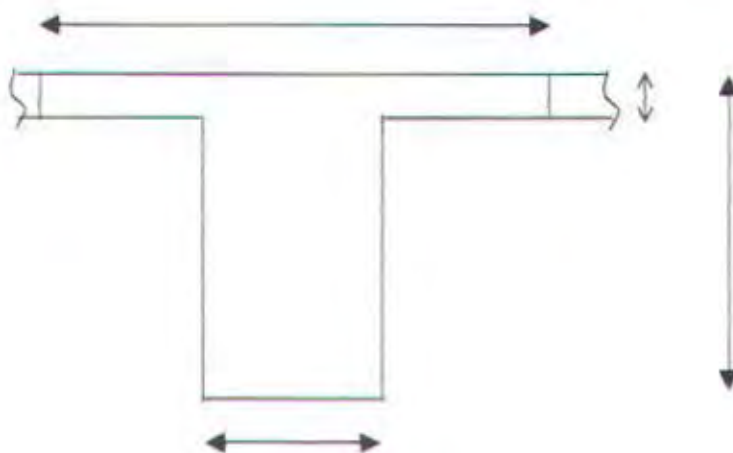
maka :

$$h = L/25 = 16540.6/25 = 661.6 \text{ mm}$$

$$h = L/20 = 16540.6/20 = 827.03 \text{ mm}$$

diambil $h = 900 \text{ mm}$, $b = 400 \text{ mm}$

4.2.2.3. Lebar Efektif Balok Pratekan



Gambar 4.4. Penampang Balok Pratekan

Lebar efektif balok pratekan ditentukan berdasarkan ketentuan yang terdapat pada SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.1.10. (2), sebagai berikut :

$$1. \quad b_e \leq 0.25L$$

$$b_e \leq 0.25 \times 16540.6$$

$$b_e \leq 4135.15 \text{ mm}$$

$$2. \quad b_e \leq b_w + 8t$$

$$b_e \leq 300 + 16 \times 120$$

$$b_e \leq 2220 \text{ mm}$$

$$3. \quad b_e \leq b_w + l_n$$

$$b_e \leq 300 + 3400$$

$$b_e \leq 3700 \text{ mm}$$

Jadi diambil $b_e = 2220 \text{ mm}$

$$b = 400 \text{ mm}$$

$$h = 900 \text{ mm}$$

$$b_e = 2220 \text{ mm}$$

$$A_c = 578400 \text{ mm}^2$$

$$y_t = 302.739 \text{ mm}$$

$$y_b = 597.261 \text{ mm}$$

$$I = 4.524 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$W_t = I/y_t = 1.494 \times 10^8 \text{ mm}^3$$

$$W_b = I/y_b = 7.575 \times 10^7 \text{ mm}^3$$

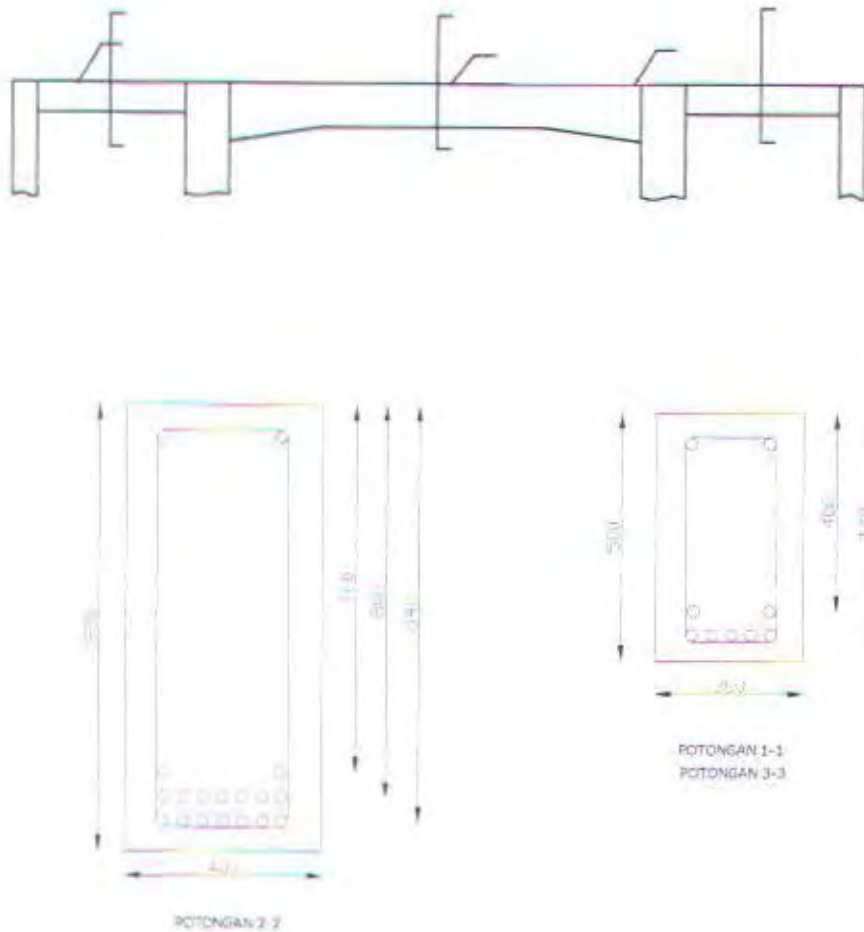
$$K_b = W_t/A_c = 258.299 \text{ mm}$$

$$K_t = W_b/A_c = 130.957 \text{ mm}$$

4.2.2.4. Analisa Penampang

Balok yang akan diberi gaya prategang adalah balok struktur semula yang merupakan balok bertulang biasa. Karena itu tulangan yang ada didalamnya akan

juga diperhitungkan. Dalam hal ini, karena tulangan tekan kurang memberikan pengaruh, maka tulangan tekan diabaikan.



Gambar 4.5. Potongan balok

Untuk potongan 2-2

Letak titik berat tulangan tarik :

$$y = (7 \times 840 + 7 \times 800 + 2 \times 740) / 16$$

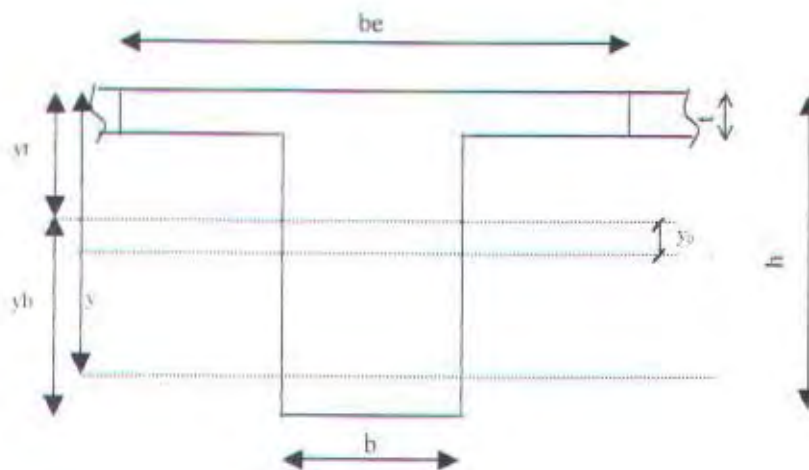
$$= 810 \text{ mm}$$

$$A_s = 16 \times \frac{7}{16} \times 12.5^2$$

$$= 7850 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 n &= E_s/E_c \\
 &= 2 \times 10^5 / 4700 \sqrt{f'_c} \\
 &= 2 \times 10^5 / 4700 \sqrt{32.5} \\
 &= 7.464
 \end{aligned}$$

Penampang transformasi



Gambar 4.6. Penampang Balok

Letak titik berat penampang transformasi

$$\begin{aligned}
 y_0 &= \frac{(n-1)A_sx(y-y_t)}{A_c+(n-1)A_s} \\
 &= \frac{(7.464-1)7850 \times (810-302.379)}{578400+(7.464-1)7850} \\
 &= 46.661 \text{ mm} \\
 y_u &= y_t + y_0 = 349.400 \text{ mm} \\
 y_{bt} &= 550.600 \text{ mm} \\
 A_t &= A_c+(n-1)A_s \\
 &= 578400+(7.464-1)7850 \\
 &= 629144.94 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_t &= I_c + A_c x y_0^2 + (n-1) A_s x (y - y_t + y_0)^2 \\
 &= 4.524 \times 10^{10} + 578400 \times 46.661^2 + (7.464-1) 7850 (810-349.400+46.661)^2 \\
 &= 6.207.10^{10} \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama didapat untuk penampang 1-1 dan 3-3 :

$$A_t = 402600.9 \text{ mm}^2$$

$$I_t = 8.976 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$y_0 = 153.461 \text{ mm}$$

$$y_{bt} = 346.539 \text{ mm}$$

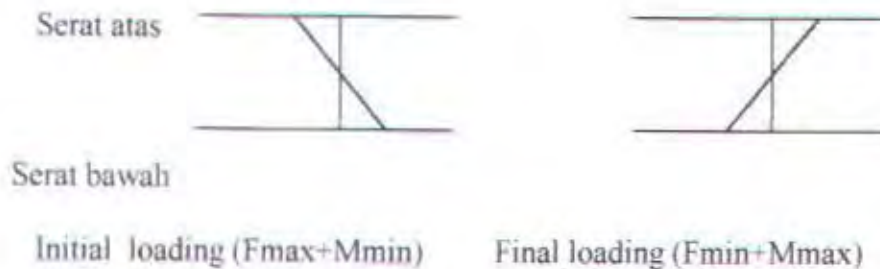
4.2.3. Penentuan Gaya Pratekan Awal

Dalam perencanaan balok pratekan, peninjauan pembebanan tidak cukup hanya melihat besar beban luar baik yang berupa beban mati maupun beban hidup yang bekerja saja, tetapi perlu diperhatikan juga kombinasi antara beban luar dan gaya pratekan yang diterima beton. Keadaan balok pratekan yang paling kritis terjadi pada dua kondisi pembebanan, yaitu pembebanan awal (initial loading) dan pembebanan akhir (final loading).

Yang dimaksud dengan kondisi pembebanan awal adalah kondisi pembebanan pada saat gaya pratekan ditransfer pada beton. Beban yang bekerja hanya berupa beban mati saja karena beban hidup belum bekerja, yang akan memberikan momen minimum (M_{min}). Pada saat ini gaya pratekan adalah maksimum (karena belum mengalami kehilangan pratekan tidak langsung).

Yang dimaksud dengan kondisi pembebanan akhir adalah kondisi dimana beban luar yaitu beban mati dan beban hidup sudah sepenuhnya bekerja dan kehilangan pratekan sudah terjadi. Pada saat ini beban luar adalah maksimum yaitu yang memberikan M_{max} dan gaya pratekan adalah minimum.

Kedua kondisi pembebanan tersebut dapat dinyatakan seperti pada gambar berikut: (+) tekan, (-) tarik



Untuk mendapatkan harga besarnya gaya pratekan yang diperlukan, dilakukan dahulu analisa struktur tanpa adanya gaya pratekan untuk mengetahui besar M_{\min} dan M_{\max} yang terjadi.

Dari M_{\max} dan M_{\min} yang didapat dicari besarnya gaya pratekan dan eksentrisitas yang diperlukan, dimana baik pada kondisi pembebanan awal maupun kondisi pembebanan akhir, tegangan yang terjadi tidak melanggar ketentuan tegangan ijin.

Dalam perencanaan renovasi ini yang perlu diperhatikan langkah-langkah pemindahan gaya prategang, yaitu :

1. Sebelum kolom tengah dipotong, setelah balok diperbesar, gaya prategang mulai diberikan.

Momen yang terjadi adalah M_1

$$M_1 = \text{Berat sendiri} + \text{berat pelat pada lantai itu} + \text{beban mati dari lantai yang ada di atasnya (masih ada kolom).}$$

2. Setelah kolom tengah dipotong, momen yang terjadi adalah M_2 .

$$M_2 = \text{Berat sendiri} + \text{berat pelat pada lantai itu} + \text{beban mati dari lantai yang ada di atasnya (tidak ada kolom).}$$

3. Saat service, momen yang terjadi adalah M_3 .

$$M_3 = M_2 + \text{Beban hidup pada lantai itu} + \text{beban hidup dari lantai yang ada di atasnya.}$$

Karena masing-masing kondisi tersebut di atas mempunyai dua syarat batas yaitu tegangan tarik maksimum dan tegangan tekan maksimum maka besarnya gaya pratekan awal dan eksentrisitasnya harus memenuhi persamaan sebagai berikut:

1. Di lapangan

1. Kondisi saat jacking (initial) pada serat atas (terjadi tarik)

$$\frac{F_i}{A} - \frac{F_i \cdot e}{W_t} + \frac{M_g}{W_t} \geq \sigma_{ti} \quad *$$

$$\frac{F_i \cdot W_t}{A} - F_i \cdot e + M_g \geq \sigma_{ti} \cdot W_t$$

$$F_i \cdot k_b - F_i \cdot e \geq \sigma_{ti} \cdot W_t - M_g$$

$$F_i \cdot e - F_i \cdot e \leq M_g - \sigma_{ti} \cdot W_t - M_g$$

$$F_i \cdot (e - k_b) \leq M_g - \sigma_{ti} \cdot W_t$$

$$(e - k_b) \leq \frac{1}{F_i} (M_g - \sigma_{ti} \cdot W_t)$$

$$\text{maka: } e^0 \leq k_b + \left(\frac{1}{F_i} \right) (M_g - \sigma_{ti} \cdot W_t)$$

2. pada serat bawah (terjadi tekan)

$$\frac{F_i}{A} + \frac{F_i \cdot e}{W_b} - \frac{M_g}{W_b} \leq \sigma_{ci}$$

$$\frac{F_i \cdot W_b}{A} + F_i \cdot e - M_g \leq \sigma_{ci} \cdot W_b$$

$$F_i \cdot k_t + F_i \cdot e \leq \sigma_{ci} \cdot W_b + M_g$$

$$F_i(e + kt) \leq Mg + \sigma_{ci} W_b$$

$$(e + kt) \leq \frac{1}{F_i} (Mg + \sigma_{ci} W_b)$$

$$\text{maka: } e^o \leq -kt + \left(\frac{1}{F_i} \right) (M_1 + \sigma_{ci} W_b)$$

3. Kondisi saat kolom dipotong (initial) pada serat atas (terjadi tarik)

$$\frac{F_i}{A} - \frac{F_i e}{W_t} + \frac{Mg}{W_t} \geq \sigma_{ti}$$

$$\frac{F_i W_t}{A} - F_i e + Mg \geq \sigma_{ti} W_t$$

$$F_i k_b - F_i e \geq \sigma_{ti} W_t - Mg$$

$$F_i e - F_i e \leq Mg - \sigma_{ti} W_t - Mg$$

$$F_i(e - k_b) \leq Mg - \sigma_{ti} W_t$$

$$(e - k_b) \leq \frac{1}{F_i} (Mg - \sigma_{ti} W_t)$$

$$\text{maka: } e^o \leq k_b + \left(\frac{1}{F_i} \right) (M_2 - \sigma_{ti} W_t)$$

4. pada serat bawah (terjadi tekan)

$$\frac{F_i}{A} + \frac{F_i e}{W_b} - \frac{Mg}{W_b} \leq \sigma_{ci}$$

$$\frac{F_i W_b}{A} + F_i e - Mg \leq \sigma_{ci} W_b$$

$$F_i k_t + F_i e \leq \sigma_{ci} W_b + Mg$$

$$F_i(e + kt) \leq Mg + \sigma_{ci} W_b$$

$$(e + kt) \leq \frac{1}{F_i} (Mg + \sigma_{ci} W_b)$$

$$\text{maka: } e^0 \leq -kt + \left(\frac{1}{F_i}\right)(M_2 + \sigma_{ci} \cdot W_b)$$

5. kondisi saat setelah beban hidup bekerja pada serat atas (terjadi tekan)

$$\frac{F}{A} - \frac{F \cdot e}{W_t} + \frac{M_g}{W_t} + \frac{M_l}{W_t} \leq \sigma_{cs}$$

$$\frac{F \cdot W_t}{A} - F \cdot e + M_g + M_l \leq \sigma_{cs} \cdot W_t$$

$$F \cdot kb - F \cdot e + M_3 \leq \sigma_{cs} \cdot W_t$$

$$F \cdot (e - kb) \geq M_3 - \sigma_{cs} \cdot W_t$$

$$\text{maka: } e^0 \geq kb + \left(\frac{1}{F}\right)(M_3 - \sigma_{cs} \cdot W_t)$$

6. pada serat bawah (terjadi tarik)

$$\frac{F}{A} + \frac{F \cdot e}{W_b} - \frac{M_g}{W_b} - \frac{M_l}{W_b} \geq \sigma_{ts}$$

$$\frac{F \cdot W_b}{A} + F \cdot e - M_g - M_l \geq \sigma_{ts} \cdot W_b$$

$$F \cdot kt + F \cdot e - M_3 \geq \sigma_{ts} \cdot W_b$$

$$F \cdot e + F \cdot kt \geq M_3 + \sigma_{ts} \cdot W_b$$

$$F \cdot (e + kt) \geq M_3 + \sigma_{ts} \cdot W_b$$

$$(e + kt) \geq \frac{1}{F}(M_3 + \sigma_{ts} \cdot W_b)$$

$$\text{maka: } e^0 \geq -kt + \left(\frac{1}{F}\right)(M_3 + \sigma_{ts} \cdot W_b)$$

dimana:

e^0 = jarak gaya pratekan (cgs) ke garis netral beton (cgc)

$$Z_t = I/y_t$$

$$Z_b = I/y_b$$

$$k_t = \text{kern atas} = Z_b/A_c$$

$$k_b = \text{kern bawah} = Z_t/A_c$$

$$I = \text{momen inersia penampang}$$

$$A_c = \text{luas penampang}$$

$$\sigma_{ti} = \text{tegangan tarik beton ijin saat jacking} = 0,25 \sqrt{f_{ci}}$$

$$\sigma_{ci} = \text{tegangan tekan beton ijin saat jacking} = 0,6 f_{ci}$$

$$\sigma_{ts} = \text{tegangan tarik beton ijin saat beban service} = 0,5 \sqrt{f_{c'}}$$

$$\sigma_{cs} = \text{tegangan tekan beton ijin saat beban service} = 0,45 f_{c'}$$

$$F_i = \text{gaya pratekan awal saat transfer}$$

$$F = \text{gaya pratekan efektif}$$

Sedangkan untuk disain di daerah momen negatif (tumpuan), dengan cara yang sama dengan di atas diperoleh:

$$e_{o1} \leq -k_b + \frac{1}{F_i}(M_1 + \sigma_{ci}.W_t)$$

$$e_{o2} \leq k_t + \frac{1}{F_i}(M_1 - \sigma_{ti}.W_b)$$

$$e_{o3} \leq -k_b + \frac{1}{F_i}(M_2 + \sigma_{ci}.W_t)$$

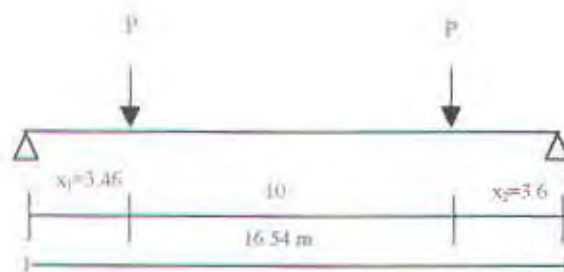
$$e_{o4} \leq k_t + \frac{1}{F_i}(M_2 - \sigma_{ti}.W_b)$$

$$e_{o5} \geq -k_b + \frac{1}{F}(M_3 + \sigma_{ts}.W_t)$$

$$e_{o6} \geq k_t + \frac{1}{F}(M_3 - \sigma_{cs}.W_b)$$

Langkah-langkah penggambaran dan mendapatkan gaya prategang awal dan eksentrisitas adalah sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan persamaan 1 - 12 diatas mencari masing-masing gaya prategang awal dan eksentrisitas pada tumpuan dan lapangan, dengan cara menggambarannya dalam satu grafik (lihat lampiran).
2. Setelah mendapatkan gaya prategang dan eksentrisitas pada lapangan dan tumpuan, dengan cara coba-coba mencari eksentrisitas pada titik X1 dan X2.



Gambar 4.7. Pemodelan struktur dan pembebanan balok pratekan

Sebagai contoh perhitungan diambil balok portal 7:

Dari hasil perhitungan SAP 90 untuk kondisi-kondisi :

1. kondisi kolom belum dipotong
2. kondisi kolom telah dipotong dipotong
3. kondisi service ditambah beban gempa,

didapatkan momen-momen sebagai berikut :

Bagian tengah : $M_1 = 34.28$ tm; $M_2 = -134.92$ tm; $M_3 = 179.72$ tm

Bagian tump. : $M_1 = -2.8$ tm; $M_2 = 0$ tm; $M_3 = 0$ tm

Bagian X₁. : $M_1 = 0$ tm; $M_2 = -40.93$ tm; $M_3 = 51.93$ tm

Dalam perhitungan, momen negatif M_1 pada bagian X₁ tidak diikutkan dalam perhitungan karena, momen yang terjadi akibat lendutan balok, sehingga apabila

gaya prategang diberikan akan berakibat kolom di atasnya tertekan, kolom dibawahnya tertarik, sedangkan momen tidak banyak berubah. Setelah kolom dipotong, momen negatif M_2 baru diperhitungkan.

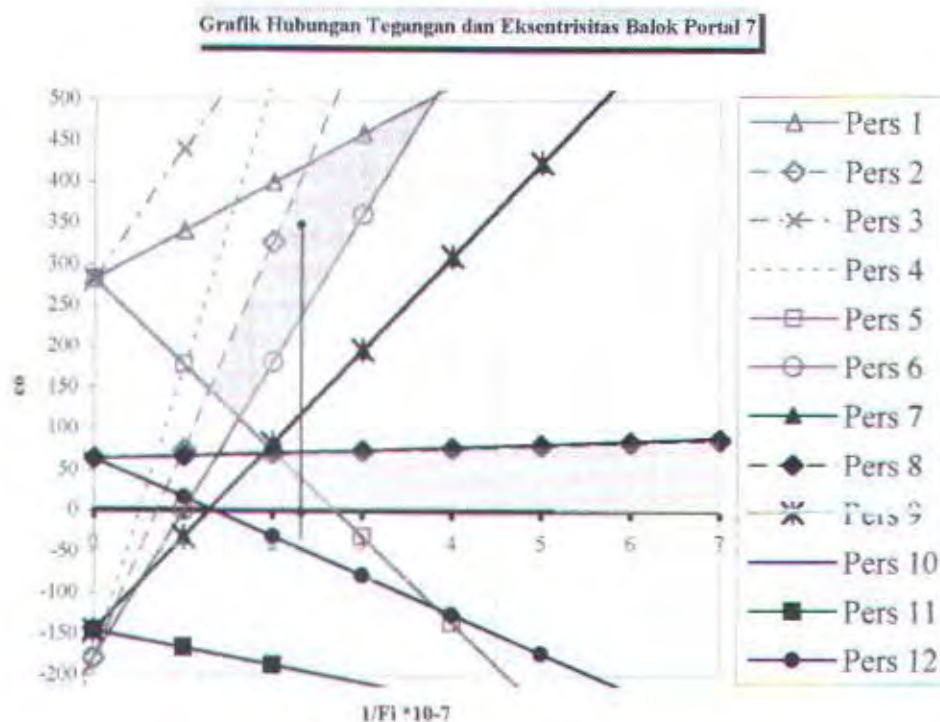
Setelah dimasukkan ke dalam 12 persamaan di atas, kemudian diplot ke dalam grafik (lihat lampiran), untuk menentukan F_i .

Maka didapat $1/F_i < 2.25 \cdot 10^{-7} \rightarrow F_i > 4444444.4 \text{ N}$

Diambil F_i sebesar = 4500000 N

Dan e_0 :

- untuk tengah bentang = 350 mm
- untuk tumpuan = 0 mm
- untuk X1 dan X2 = 150 mm



Gambar 4.8. Diagram eksentrisitas dan gaya jacking awal

Dengan cara yang sama maka didapat nilai

Tabel 4.1. Eksentrisitas dan Jacking Awal

BALOK	e tb	e tu ki	e tu ka	e X1	e X2	Fi
5	255	0	0	255	255	3400000
7	350	0	0	255	255	4500000
9	255	0	0	255	255	3400000

4.2.4. Kehilangan Prategang Dan Kontrol-kontrol

4.2.4.1 Kehilangan Tegangan Langsung

Dalam sub bab ini akan dibahas kehilangan prategang langsung dan kontrol jumlah strand dan tegangan (f_i) sesaat setelah penegangan sebelum terjadi kehilangan prategang langsung dan kontrol tegangan setelah terjadi kehilangan prategang langsung (f_o).

1. Kontrol jumlah strand dan tegangan (f_i) sesaat setelah penegangan sebelum terjadi kehilangan prategang langsung.

Sesaat setelah penjangkaran tendon, sebelum terjadi kehilangan prategang langsung tegangan yang terjadi adalah f_o dimana dipakai untuk penghitungan jumlah strand. Untuk mengetahui jumlah stran yang dipakai cukup atau tidak, dicek kembali setelah tegangan f_i didapat (setelah terjadi kehilangan prategang langsung).

- kontrol

$$0.7f_{pu} = 0.7 \times 1862 = 1303.4 \text{ Mpa}$$

$$f_i < 0.7 f_{pu}$$

Tabel 4.2. Kontrol tegangan sebelum kehilangan prategang

BALOK	n strand	A_{ps}/strand	A_{ps}	F_i	$f_i = F_i/A_{ps}$	kontrol
portal 5	19	140	2660	3400000	1278.195	OK
portal 7	27	140	3780	4500000	1190.476	OK
portal 9	19	140	2660	3400000	1278.195	OK

2. Kontrol tegangan setelah terjadi kehilangan prategang langsung (f_o).

Dalam kontrol ini kehilangan prategang langsung terjadi akibat dari :

- Akibat perpendekan elastis
- Akibat slip anker

Sedangkan kehilangan prategang akibat gesekan dan wobble efek diabaikan karena nilainya kecil.

A. Akibat Perpendekan Elastis

Untuk sistem post tension, perpendekan elastis baru terjadi apabila dalam sebuah balok terdapat dua tendon yang ditarik secara berurutan. Tendon yang ditarik pertama kali akan mengalami kehilangan prategang terbesar dibandingkan tendon yang ditarik berikutnya, tendon terakhir tidak akan mengalami kehilangan. Hal diatas terjadi pada balok statis tertentu dimana balok bebas berdeformasi. Sedangkan pada struktur portal, terdapat kekakuan kolom yang turut mengekang gaya prategang sehingga tidak semua gaya prategang dapat

ditransferkan ke balok. Berikutnya akan diberikan perhitungan kehilangan prategang akibat kekangan kolom dalam bentuk tabel, dimana :

F_i = gaya prategang yang diberikan.

N_i = gaya tekan aksial yang terjadi pada balok yang diprategang.

ΔF_{KK} = kehilangan gaya prategang = $F_i - N_i$

Δf_{KK} = kehilangan tegangan = $\Delta F / A_{ps}$

Tabel 4.3. Kehilangan prategang akibat kekangan kolom

BALOK	F_i	N_i	$\Delta F_{KK} (N)$	$\Delta f_{KK} (MPa)$
5	3400000	3258392	141608.5	53.236
7	4500000	4314929	185071.5	48.961
9	3400000	3267319	132681.4	49.880

Selanjutnya akan diberikan kehilangan prategang akibat perpindahan elastis.

Untuk contoh perhitungan akan diberikan balok portal 7, sebagai berikut:

Pertama dihitung tegangan beton pada titik pusat tendon

$$f = \frac{F}{A_c}$$

$$f = \frac{4500000}{629144.94}$$

$$f = 7.153 \text{ MPa}$$

Selanjutnya menghitung kehilangan tegangan pada tendon

$$\Delta f_{es} = E_s \times \frac{f}{E_c} \times \frac{n-1}{2} \dots\dots\dots (\text{Freyssinet})$$



$$\Delta f_{ES} = 195000 \times \frac{7.153}{26794} \times \frac{2-1}{2}$$

$$\Delta f_{ES} = 13.014 \text{ MPa}$$

maka kehilangan gaya prategang,

$$\Delta F_{ES} = \Delta f_{ES} \times A_{ps}$$

$$\Delta F_{ES} = 13.014 \times 3780$$

$$\Delta F_{ES} = 49191.34 \text{ N}$$

Tabel 4.4. Kehilangan prategang akibat perpendekan elastis

BALOK	n	F	f (MPa)	Δf_{ES} (MPa)	ΔF_{ES}
5	2	3400000	5.404160129	9.832484955	26154.41
7	2	4500000	7.152564876	13.01358303	49191.34
9	2	3400000	5.404160129	9.832484955	26154.41

dimana :

F = Gaya prategang yang diberikan (N)

n = jumlah tendon

f = tegangan beton pada titik pusat tendon (MPa)

Δf_{ES} = kehilangan tegangan prategang akibat perpendekan elastis

ΔF_{ES} = kehilangan gaya prategang (N)

Es = Modulus Elastisitas baja (195000 MPa)

Ec = Modulus elastisitas beton (26794 MPa)

Ac = luas penampang beton (mm²)

A_{ps} = luas penampang tendon (mm²)

B. Akibat slip anker

Perhitungan slip anker dilakukan berdasarkan rumus 4-14 yang diberikan oleh TY Lin.

$$\Delta f_s = \frac{\Delta_a}{L} \times E_s$$

$$\Delta f_s = \frac{8}{16540.6} \times 195000$$

$$\Delta f_s = 94.313 \text{ MPa}$$

Gaya yang hilang,

$$\Delta F = \Delta f_s \times A_{ps}$$

$$\Delta F = 94.313 \times 3780$$

$$\Delta F = 356504.601 \text{ MPa}$$

Dimana,

Δf_s = kehilangan prategang akibat slip anker

ΔF = kehilangan gaya prategang

Δ_a = rata-rata perpindahan baji pada anker dari tabel yang diberikan oleh Freyssinet.

Selanjutnya diberikan kehilangan prategang balok yang lain,

Tabel 4.5. Kehilangan prategang akibat slip anker

BALOK	Δa (mm)	A_{ps}	L	Δf_s (MPa)	ΔF_s (N)
5	8	2660	17061.58	91.434	243213.114
7	8	3780	16540.6	94.313	356504.601
9	8	2660	16023.2	97.359	258974.487

Jadi total kehilangan prategang tidak tergantung waktu adalah :

Tabel 4.6. Total kehilangan prategang

BALOK	F_i (N)	ΔF_{total} (N)	losses	Gaya Akhir
5	3400000	410976.0239	12.088%	3810976.02
7	4500000	590767.4447	13.128%	5090767.44
9	3400000	417810.297	12.289%	3817810.3

Sehingga gaya tendon perlu ditambah sebesar kehilangan gaya prategang ΔF_{total} seperti diatas menjadi Gaya Akhir.

Kontrol akhir tegangan setelah kehilangan prategang adalah :

➤ kontrol 1

$$\begin{aligned}
 f &\leq 0.8 f_{pu} \\
 &\leq 0.8 \times 1862 \\
 &\leq 1489.6 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

➤ kontrol 2

$$\begin{aligned}
 f &\leq 0.94 f_{py} \\
 &\leq 0.94 \times 1582 \\
 &\leq 1487 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

diambil yang terkecil

Tabel 4.7. Total kehilangan prategang tidak tergantung waktu

$$f \leq 1487 \text{ MPa}$$

Gaya Akhir	f	kontrol
3810976.0	1432.698	OK
5090767.4	1346.764	OK
3817810.3	1435.267	OK

4.2.4.2 Kehilangan Prategang Tergantung Waktu

A. Akibat Rangkak dan Susut

Rumus yang digunakan :

$$\Delta\sigma_{e+s} = E_s (\epsilon_c + \epsilon_s)$$

$$\epsilon_c = \frac{\sigma_c}{E_{c28}} \phi$$

Dimana :

ϵ_c = regangan beton akibat rangkak

ϵ_s = regangan beton akibat susut

σ_c = tegangan beton pada titik pusat tendon

ϕ = koefisien rangkak

E_{c28} = Modulus Deformasi longitudinal

Dari tabel yang diberikan oleh Freyssinet didapat :

E_{c28} = untuk f_c 32.5 Mpa = 32750 MPa

Perbandingan penampang :

$$\begin{aligned} 2A_c/u &= 2 \times 0.5784 / 6.24 \\ &= 0.185 \approx 0.2 \end{aligned}$$

dimana : A_c = luas penampang beton (m^2)

u = permukaan yang berhubungan dengan udara (m)

dengan interpolasi tabel didapat $\phi = 2.2$

dan $\epsilon_s = 2.3 \times 10^{-4}$

$$\epsilon_c = \frac{7.78}{32750} 2.2$$

$$\epsilon_c = 5.23 \times 10^{-4}$$

maka kehilangan prategang,

$$\Delta\sigma_{c+s} = 195000(2.3 \times 10^{-4} + 5.23 \times 10^{-4})$$

$$\Delta\sigma_{c+s} = 146.763 \text{ Mpa}$$

Tabel 4.8. Kehilangan prategang akibat rangkai dan susut

BALOK	2A/u	ϕ	ϵ_s	E_{c28}	σ_c (MPa)	ec	$\Delta\sigma_{c+s}$ (Mpa)
5	0.2	2.2	0.00023	32750	5.87828	0.0004	121.8510453
7	0.2	2.2	0.00023	32750	7.78008	0.0005	146.7631481
9	0.2	2.2	0.00023	32750	5.87828	0.0004	121.8510453

B. Akibat Relaksasi Baja

Relaksasi adalah kehilangan tegangan pada baja bertegangan tinggi yang terjadi tanpa perubahan panjang.

Rumus yang digunakan :

$$\Delta\sigma_r = \sigma_0 \cdot \xi \cdot \left(1 - 2 \frac{\Delta\sigma_{c+s}}{\sigma_0} \right)$$

$$\Delta\sigma(t) = \Delta\sigma_r (1000h) \left(\frac{1}{1000} \right)^R$$

dimana :

$\Delta\sigma_r$ = Kehilangan prategang akibat relaksasi

σ_0 = tegangan inisial tendon pada titik yang ditinjau

ξ = relaksasi nominal (%)

$\Delta\sigma_{\text{ess}}$ = kehilangan prategang akibat rangkai dan susut

$\Delta\sigma(t)$ = kehilangan prategang pada umur bangunan = 20 tahun = 175200 jam

$\Delta\sigma_r(1000h)$ = kehilangan prategang pada 1000 jam

$$\frac{\sigma_0}{\sigma_k} = \frac{1285.714}{1862}$$

$$= 0.69 \approx 0.70$$

ξ = dari tabel Freyssinet didapat = 0.014

$$\Delta\sigma_r = 1190.476 \times 0.02 \left(1 - 2 \frac{146.763}{1285.714} \right)$$

$$= 12.561 \text{ MPa}$$

selama umur bangunan :

$$\Delta\sigma(t) = 12.561 \left(\frac{175200}{1000} \right)^{0.2}$$

$$= 35.296 \text{ MPa}$$

β = faktor kesalahan = 0.2

Tabel 4.9. Kehilangan prategang akibat elastasi baja

BALOK	σ_k	σ_0	%	$\xi(\%)$	$\sigma_r(1000)$	$\sigma_r(\text{umur}) \text{ Mpa}$
5	1860	1278.195	0.687202	0.01872	19.36591	54.418
7	1860	1190.476	0.640041	0.014004	12.56097	35.296
9	1860	1278.195	0.687202	0.01872	19.36591	54.418

4.2.4.3. Total Kehilangan Prategang Menurut Waktu

Sehingga jumlah kehilangan prategang menurut waktu

Tabel 4.10. Total kehilangan prategang menurut waktu

BALOK	$\Delta\sigma_{c+s}$	$\Delta\sigma_r$	TOTAL (Mpa)	%	sisas (Mpa)	Gaya sisas (N)
5	121.851	54.4183	176.2693163	13.790%	1101.9262	2931123.619
7	146.7631	35.2964	182.059522	15.293%	1008.4167	3811815.007
9	121.851	54.4183	176.2693163	13.790%	1101.9262	2931123.619

4.2.4.4. Kontrol Tegangan Definitif

Setelah tegangan definitif (tegangan total akibat kehilangan prategang yang telah terjadi) diperoleh maka perlu dikontrol tegangan yang terjadi pada serat-serat terluar untuk memastikan tidak melampaui tegangan yang diijinkan.

Batasan tegangan pada masing-masing serat adalah :

- serat atas : -2.85 MPa
- serat bawah : 14.625 MPa

Tabel 4.11. Kontrol tegangan setelah kehilangan prategang

JENJANG BENTANG		TUMPUAN KIRI		TUMPUAN KANAN		X1		X2	
SA	SB	SA	SB	SA	SB	SA	SB	SA	SB
5.792	4.793	8.445	8.445	8.445	8.445	2.446	10.066	2.772	9.552
5.737	9.383	11.177	11.177	11.177	11.177	3.080	13.571	4.272	11.693
6.221	4.117	8.445	8.445	8.445	8.445	1.917	10.899	3.165	8.933

4.2.4.5. Kontrol Lendutan

A. LENDUTAN SAAT TRANSFER

Akibat beban merata tendon

$$\begin{aligned}
 p' &= \frac{8.F.y}{L^2} \\
 &= \frac{8 \times 4500000 \times 350}{16540.6^2} \\
 &= 46.054 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta &= \frac{5xp'xL^4}{384EI} \\
 &= \frac{5 \times 46.054 \times 16540.6^4}{384 \times 26794.12 \times 45558414551} \\
 &= 26.990 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Akibat beban mati

Dari SAP 90 didapat lendutan sebesar

$$\Delta = 64.1 \text{ mm}$$

Akibat eksentrisitas tendon

$$\begin{aligned}
 \Delta &= \frac{MxL^2}{8EI} \\
 &= \frac{4500000 \times 350 \times 16540.6^2}{8 \times 26794.12 \times 45558414551} \\
 &= 32.389 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta_{\text{total}} &= 26.990 - 64.1 + 32.389 \\
 &= -4.72 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

B. LENDUTAN SAAT SERVICE

Akibat beban merata tendon

$$\begin{aligned}
 p' &= \frac{8.Fc.y}{L^2} \\
 &= \frac{8 \times 3811815 \times 350}{16540.6^2} \\
 &= 39.011 \text{ N/mm} \\
 \Delta &= \frac{5 \times p' \times L^4}{384EI} \\
 &= \frac{5 \times 39.011 \times 16540.6^4}{384 \times 26794.12 \times 45558414551} \\
 &= 22.863 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Akibat beban mati dan hidup

Dari SAP 90 didapat lendutan sebesar

$$\Delta = 84.4 \text{ mm}$$

Akibat eksentrisitas tendon

$$\begin{aligned}
 \Delta &= \frac{M \times L^2}{8EI} \\
 &= \frac{3669002 \times 350 \times 16540.6^2}{8 \times 26794.12 \times 45558414551} \\
 &= 27.435 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\Delta_{\text{total}} = 22.863 - 84.4 + 27.435$$

$$= -33.101 \text{ mm}$$

Lendutan batas

$$\Delta_{\text{batas}} = L/480$$

$$= 16540,6/480$$

$$= 34,46 \text{ mm} > \Delta \text{ ada } \dots\dots\dots \text{OK}$$

Saat Transfer

Tabel 4.12. Kontrol lendutan saat transfer

BALOK	F	e lap	L	p'	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_{tot}	Δ_{batas}	
5	3400000	250	17062	23.36	15.5	48.7	18.6	-14.6	35.54	OK
7	4500000	350	16541	46.05	26.99	64.1	32.39	-4.72	34.46	OK
9	3400000	250	16023	26.49	13.67	44.4	16.4	-14.3	33.38	OK

Saat Service

Saat service gaya yang bekerja adalah setelah mengalami kehilangan prategang.

Dengan cara yang sama ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 4.13. Kontrol Lendutan saat service

BALOK	F	e lap	L	p'	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_{tot}	Δ_{batas}	
5	2921228	250	17062	20.07	13.32	60.3	15.98	-31	35.54	OK
7	3754691	350	16541	38.43	22.52	83.4	27.02	-33.9	34.46	OK
9	2921228	250	16023	22.76	11.74	58.6	14.09	-32.8	33.38	OK

4.2.4.6. Kontrol Momen Retak

Kapaitas momen retak dihitung pada saat beban kerja, dan bukan pada saat peralihan. Hal ini karena besarnya beban yang diberikan pada saat peralihan relatif bisa dikontrol karena beban mati dan beban hidup belum bekerja, sebaliknya pada saat beban kerja, terdapat kemungkinan terjadinya overloading pada saat penggunaannya.

Kapasitas tahan retak (momen retak) dari suatu balok prategang terdiri dari:

1. Besarnya kapasitas momen kopel maksimum yang dimiliki untuk menahan momen luar yang terjadi. Besarnya momen perlawanan dalam ini diberikan oleh gaya praetgang T dikalikan besarnya lengan momen antara T dan C , dimana pusat tekanan beton ada pada titik kern atas (tegangan pada serat bawah menjadi nol).
2. Penambahan kapasitas momen yang dimiliki beton setelah serat mulai mengalami tarik sampai mengalami retak.

$$\text{Rumus : } M_{cr} = F(e + kt) + f_r W_b \quad (\text{pada tengah bentang})$$

Berdasarkan SKSNI '91 pasal 3.2.5.2.3 maka :

$$f'_c = 50 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} f_r &= 0.7 \sqrt{f'_c} = 0.7 \sqrt{32.5} \\ &= 3.991 \text{ MPa} \end{aligned}$$

di tengah bentang

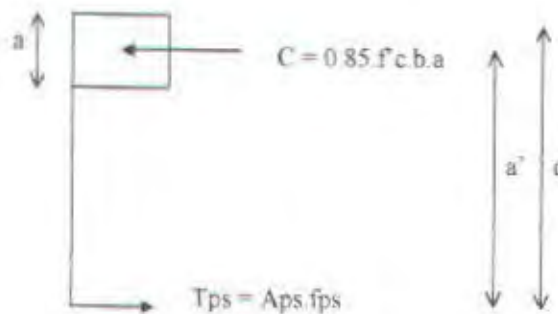
Tabel 4.14. Kontrol momen retak

BALOK	F	e	kt	fr	Wb	Mcr
portal 5	2.93E+06	250	179.17	3.991	1.13E+08	1707850185
portal 7	3.81E+06	350	179.17	3.991	1.13E+08	2467001048
portal 9	2.93E+06	250	179.17	3.991	1.13E+08	1707850185

Sedangkan di tumpuan tidak perlu dihitung karena pada tumpuan dirancang untuk terjadi sendi plastis.

KONTROL MOMEN BATAS

Penghitungan kekuatan ultimate pada umumnya adalah untuk menentukan kekuatan nominal dari suatu penampang, yaitu bahwa suatu penampang harus memenuhi persyaratan : $M_u \leq \Phi M_n$, dimana Φ adalah faktor reduksi.



Gambar 4.9. Diagram tegangan balok pratekan

Penghitungan momen batas dapat dicari melalui konsep kopel momen dalam antara gaya C dan T yaitu $C = T_{ps} = A_{ps} \cdot f_{ps}$.

Ambil a' sebagai lengan momen antara gaya C' dan T' , kemudian momen penahan batas diberikan oleh :

$$M' = T' \cdot a' = A_{ps} \cdot f_{ps} \cdot a' = M_n$$

dimana :

f_{ps} = tegangan yang terjadi saat balok mengalami momen batas

Langkah-langkah perhitungan :

1. Hitung rasio penulangan : $\rho_p = A_{ps}/b \cdot d$
2. Hitung tegangan baja saat terjadi keadaan batas dengan menggunakan rumus :

$$f_{ps} = f_{se} + 70 + f'c/100\rho_p \quad \dots\dots\dots (SKSNI 3.11.7-2)$$

dimana : $f_{ps} \leq f_{py}$

$$f_{ps} \leq f_{se} + 400$$

3. Periksa indeks penulangan :

$$\omega_p = \rho \frac{f_y}{f'_c}$$

bila

$\omega_p > 1$, penulangan kuat

$\omega_p \leq 0.36\beta_1$, penulangan lemah (menjamin terjadinya daktilitas)

$\omega_p < 0.1$, penulangan ringan

4. Hitung gaya prategang batas pada baja T^* (asumsi penampang persegi)

$$C^* = T^* = A_{ps} \cdot f_{ps}$$

5. Cek besarnya tinggi daerah tekan, lebih besar atau lebih kecil dari tebal plat.

Bila lebih kecil dari tebal pelat maka asumsi semula bahwa bentuk daerah tekan adalah penampang persegi dapat dipakai. Sedangkan bila lebih besar dari tebal pelat maka harus dipakai asumsi balok T

$$\begin{aligned} C^* = T^* &= A_{ps} \cdot f_{ps} \\ &= 0.85f'_c \cdot b \cdot a \end{aligned}$$

$$a = \frac{A_{ps} \cdot f_{ps}}{0.85f'_c \cdot b}$$

6. Hitung besarnya kapasitas momen batas yang dimiliki :

$$M_n = T^* (d - a/2)$$

$$M_u = 0.9M_n$$

7. Cek 1 : $M_u < \phi M_n$ (untuk menjamin bahwa apabila terjadi momen akibat beban melebihi beban rencana, momen tersebut tetap dibawah kapasitas momen batas balok)
8. Cek 2 : $M_n > 1.2 M_{cr}$ (Apabila besar momen retak sama dengan momen ultimate maka beton akan berperilaku getas)

Contoh perhitungan untuk balok portal 7 :

$$f'_c = 32.5 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 0.85$$

Data bahan strand :

$$f_u = 1860 \text{ MPa}$$

$$f_y = 1582 \text{ MPa}$$

dari perhitungan kehilangan tegangan pada sub bab sebelumnya didapat :

$$f_{se} = 1008.416 \text{ MPa}$$

- Pada tengah bentang.

$$A_{ps} = 3780 \text{ mm}^2$$

$$d = y_t + e$$

$$= 349.4 + 350$$

$$= 699.4 \text{ mm}$$

$$\rho_p = A_s / (b_w \cdot d)$$

$$= 3780 / (2250 \times 699.4)$$

$$= 0.0024$$

$$f_{ps} = f_{se} + 70 + f'_c / 100 \rho_p$$

$$= 1008.416 + 70 + 32.5 / (100 \times 0.0024)$$

$$= 1186.3333 \text{ MPa} < f_{py} = 1582 \text{ MPa}$$

$$< f_{se} + 400 = 1008.416 + 400 = 1408.416 \text{ MPa}$$

$$\omega_p = \rho_p \cdot f_y / f'_c$$

$$= 0.0024 \times 1582 / 32.5$$

$$= 0.11682 < 0.36 \beta_1 = 0.306$$

maka daktilitas dapat dijamin karena termasuk penulangan lunak.

$$T' = A_{ps} \cdot f_{ps} = 3780 \times 1186.3333$$

$$= 4484339.874 \text{ N}$$

$$a = T' / (0.85 f_c \cdot b)$$

$$= 4484339.874 / (0.85 \times 32.5 \times 2250)$$

$$= 72.14624 \text{ mm} < 120 \text{ mm (tebal pelat)}$$

maka termasuk penampang persegi

$$M_n \text{ batas} = T' \cdot x (d - a/2)$$

$$= 4484339.874 \times (699.4 - 72.14624 / 2)$$

$$= 2.9746 \times 10^9 \text{ Nmm}$$

cek 1 : beban terfaktor yang terjadi (dari SAP 90) < kapasitas beban batas yang tersedia

$$M_u \text{ (hasil SAP 90)} = 2.098 \times 10^9 \text{ Nmm}$$

$$M_n = M_u / \phi = 2.098 \times 10^9 / 0.9 = 2.331 \times 10^9 \text{ Nmm} < M_n \text{ batas} \rightarrow \text{OK}$$

cek 2 : kapasitas yang tersedia untuk menahan beban berfaktor > 1.2 M_{cr}

$$M_n \text{ batas} = 2.9746 \times 10^9 \text{ Nmm}$$

$$M_u = \phi M_n = 0.9 \times 2.781 \times 10^9$$

$$= 2.503 \times 10^9 \text{ Nmm}$$

$$M_u > 1.2 M_{cr} = 1.2 \times 2.456 \times 10^9$$

$$= 2.947 \times 10^9 \text{ Nmm} \rightarrow \text{OK}$$

4.2.5. Penulangan Geser Balok

Tumpuan pada balok pratekan direncanakan terjadi sendi dimana tidak ada momen yang terjadi maka memerlukan perhitungan tulangan geser tambahan.

Besar gaya geser yang terjadi :

$$V_A = V_{gA} + \frac{M_{oA} + M'_{oB}}{l_{AB}} \quad (\text{pers. 4.18a Paulay dan Priestley})$$

$$M_o = \lambda_o A_s f_y (d-d')$$

Dimana :

V_A = gaya geser yang terjadi

V_{gA} = gaya geser yang terjadi di A akibat gaya gravitasi

M_{oA} = momen ujung A akibat tulangan

M'_{oB} = momen ujung B akibat tulangan

l_{AB} = bentang bersih balok

λ_o = overstrength factor, 1.25 untuk baja lunak

1.4 untuk $f_y = 400$ MPa

Contoh Perhitungan :

Untuk contoh perhitungan akan diambil balok portal 5

data perencanaan :

- f_y = 260 MPa
- f'_c = 32.5 Mpa
- tulangan As = 7 D 25
- tulangan As = 2 D 25
- tulangan geser = D 12 mm
- dimensi = 300x500 mm²



Gambar 4.10. Penampang balok Portal 5

Dari penampang diatas didapat M_{oA} dan M'_{oB} :

$$\begin{aligned} M_{oA} &= 1.25 \times 2.677 \times 10^8 \text{ Nmm} \\ &= 3.346 \times 10^8 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M'_{oB} &= 1.25 \times 8.666 \times 10^7 \text{ Nmm} \\ &= 1.083 \times 10^8 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$V_A = V_{gA} + \frac{M_{oA} + M'_{oB}}{l_{AB}}$$

dari SAP 90, $V_{gA} = 20.70 \text{ ton} = 203067 \text{ N}$

$$\begin{aligned} V_A &= 203067 + \frac{3.346 \times 10^8 + 1.083 \times 10^8}{3465 - 650} \\ &= 360402.702 \text{ N} \end{aligned}$$

Untuk mekanisme sendi ini kuat geser beton diabaikan ($V_c = 0$), karena *aggregate interlock* menjadi tidak efektif. Sehingga :

$$A_v = 2 \times 0.25 \pi D^2 = 2 \times 0.25 \pi 20^2 = 628.3 \text{ mm}^2$$

$$\Phi V_s = V_A$$

$$= 360402.702 \text{ N}$$

$$= \frac{\Phi \cdot A_v \cdot f_y \cdot d}{S}$$

$$= \frac{0.6 \times 628.3 \times 260 \times 440}{S}$$

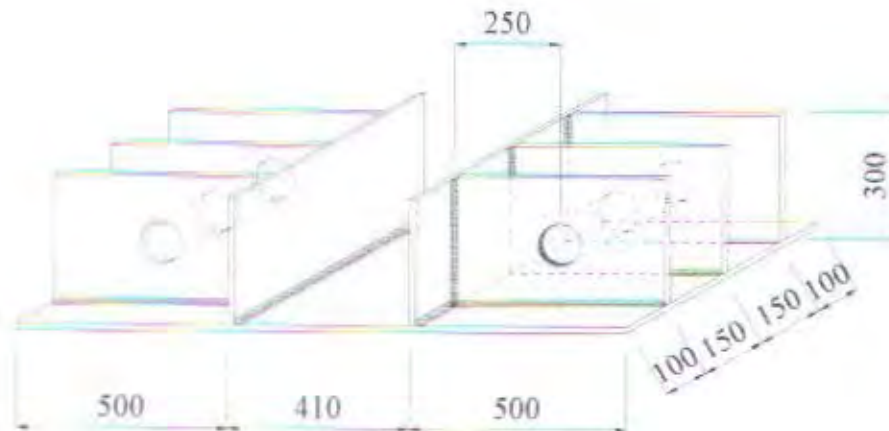
$$S = 119 \text{ mm}$$

Jadi jarak antar sengkang diambil 100 mm

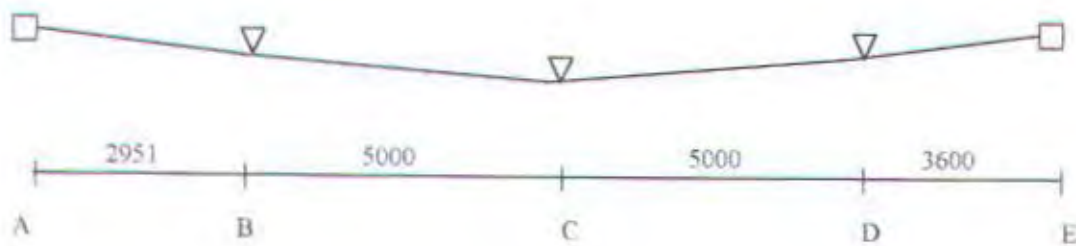
Penulangan geser ini dipasang sampai sejarak $2h = 1000 \text{ mm}$ dari muka kolom (BAB 4.4.1 Paulay dan Priestley).

4.2.6. Perencanaan Deviator

Untuk memindahkan gaya prategang ke balok diperlukan deviator dan anker. Anker terletak pada tumpuan dan deviator pada tengah lapangan untuk menciptakan eksentrisitas yang direncanakan.



Gambar 4.11. Deviator



Gambar 4.12. Pemodelan tendon dan deviator

Data Perencanaan :

Gaya jacking = 515.873 ton = 5060714.13 N

Tebal pelat = 15 mm

Mutu baja = BJ 37

Diameter tendon = 100 mm

$\Delta h_A = 153.46 \text{ mm}$

$\Delta h_B = 499.4 \text{ mm}$

$\Delta h_C = 699.4 \text{ mm}$

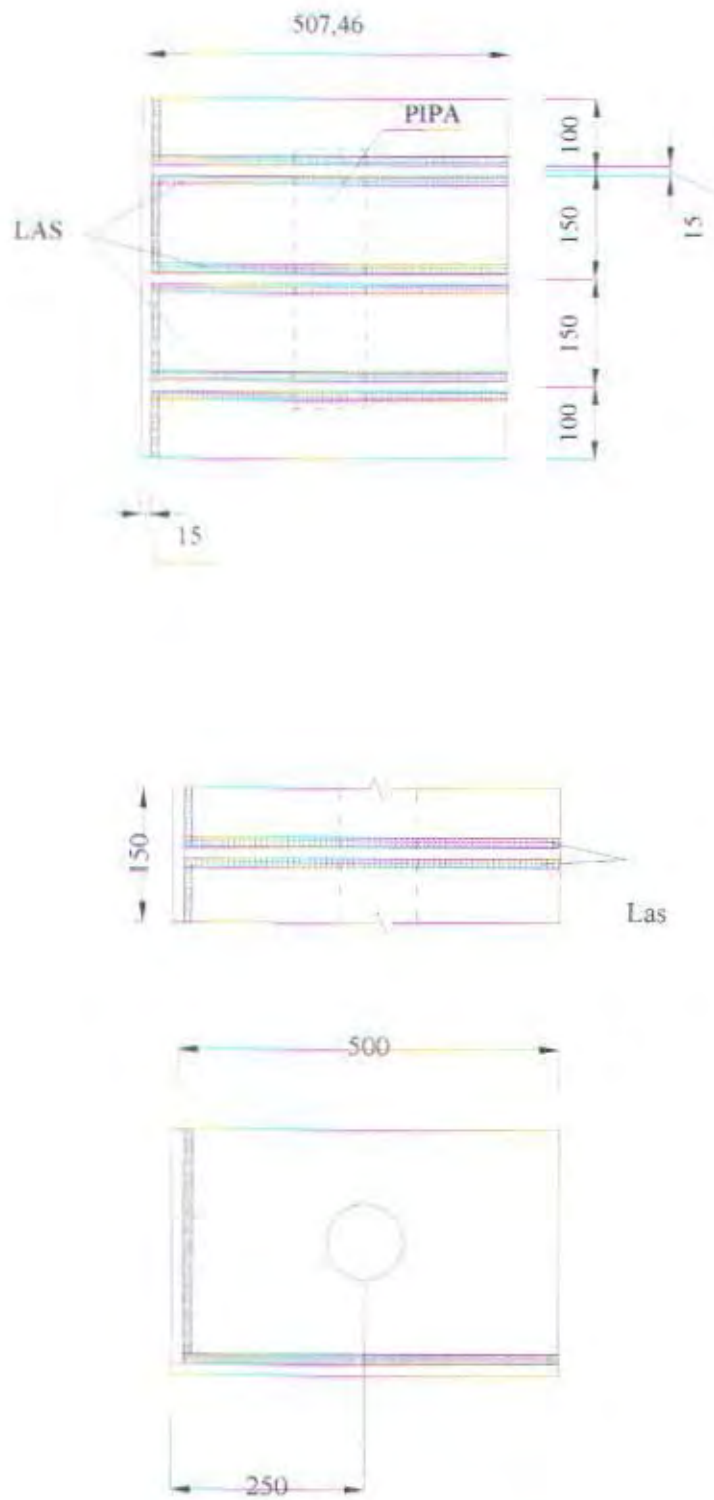
$\Delta h_D = 499.4 \text{ mm}$

$\Delta h_E = 153.46 \text{ mm}$

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Gaya arah vertikal} &= F \cdot \sin \alpha = 5060714.13 \cdot \left(\frac{699.4 - 499.4}{5000} \right) \\ &= 202428.566 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\text{Untuk satu pelat} = 202428.566 / 3 = 67476.189 \text{ N}$$



Gambar 4.13. Las pada Deviator

Tebal las yang diperlukan :

Untuk penyederhanaan diambil satu pelat.

$$P = 67476.189 \text{ N}$$

$$e = 250 \text{ mm}$$

$$\text{anggap } t_e = 1 \text{ mm}$$

$$A = 2 \times 500 = 1000 \text{ mm}^2$$

Akibat P :

$$\tau = P/A$$

$$= 67476.189/1000 = 67.5 \text{ N/mm}^2$$

$$\bar{\tau} = 0.6\bar{\sigma} = 0.6 \times 160$$

$$= 96 \text{ MPa} > \tau, \text{ jadi tebal las 1 mm sudah memenuhi}$$

dipakai tebal las 2 mm

4.2.7. Perencanaan Deviator Pada Balok Anak



Gambar 4.14. Deviator pada Balok Anak

Direncanakan :

$$\text{eksentrisitas tendon} = 499.4 \text{ mm (dari garis netral} = 153.46 \text{ mm)}$$

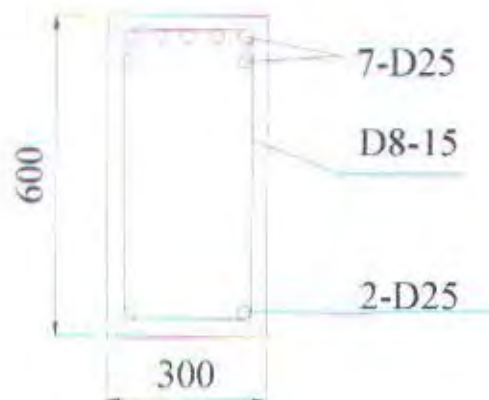
$$\text{letak tendon dari serat atas} = 499.86 + 153.46 = 652.86 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Gaya angkat tendon} &= F \sin \alpha = 5060714,13 \cdot \left(\frac{499,4 - 153,46}{2951} \right) \\ &= 593258 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\text{Untuk satu sisi} = 593258 / 2 = 296629 \text{ N}$$

Dari hasil SAP90 didapat gaya geser yang terjadi akibat beban mati = 10878 N

Kemampuan penampang dalam menahan geser



Gambar 4.15. Penampang Balok Anak

$$\begin{aligned}\Phi V_c &= \Phi \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} . b_w . d \\ &= 0,6 \frac{1}{6} \sqrt{32,5} 300 . 540 = 92354 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Phi V_s &= \frac{\Phi A_v . f_y . d}{S} = \frac{0,6 \times 2 \times 0,25 \pi 8^2 . 260 . 540}{150} \\ &= 56458 \text{ N}\end{aligned}$$

Jumlah gaya angkat ke atas :

$$\begin{aligned}V_A &= 296629 - 10878 - 92354 - 56458 \\ &= 138739 \text{ N (}\uparrow\text{)}\end{aligned}$$

Diperlukan tulangan geser tambahan untuk menahan gaya angkat tendon.

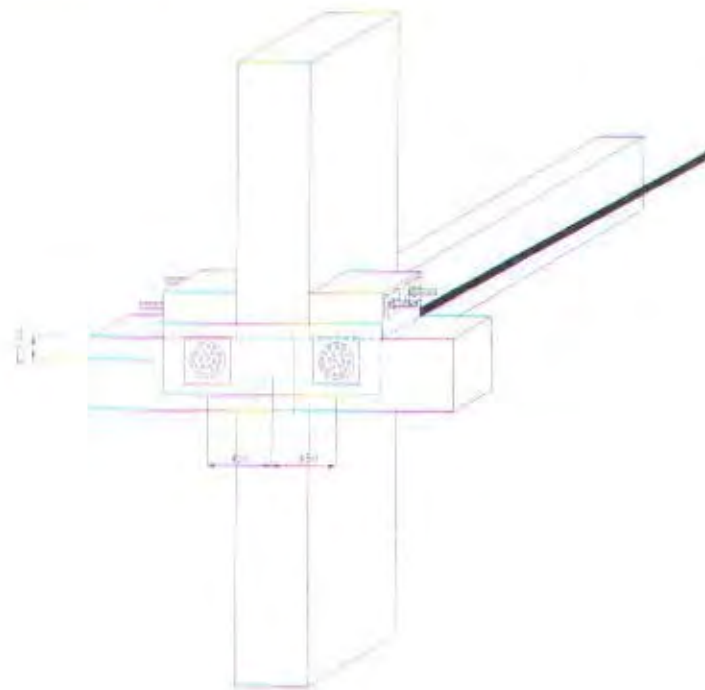
$$V_s' = 138739 \text{ N}$$

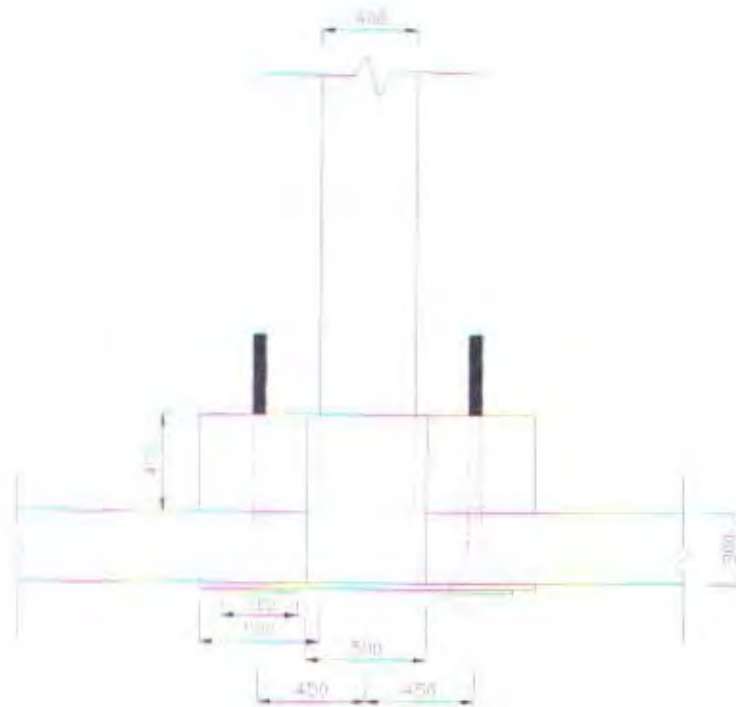
direncanakan tulangan geser $\Phi 15$ ($A_v = 353,25 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned}
 S &= \Phi A_v f_y d / V_s' \\
 &= 0.6 \times 353.25 \times 260 \times 540 / 138739 \\
 &= 214.49 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

dipakai tulangan $\Phi 15-200$

4.2.8. Perencanaan Anker





Gambar 4.16. Anker

Untuk menjamin bahwa gaya tendon masuk ke balok maka pada anker diberi pelat baja setebal 1.5 cm.

4.3. PERENCANAAN PONDASI

Dari hasil SAP 90 didapat :

Kondisi setelah renovasi

$$P1 = 85.74 \text{ t} = 841109.4 \text{ N}$$

$$P2 = 64.81 \text{ t} = 635786.1 \text{ N}$$

$$P3 = 65.93 \text{ t} = 646773.3 \text{ N}$$

$$P4 = 89.7 \text{ t} = 879957 \text{ N}$$

$$\text{Total } P = 306.18 \text{ t} = 3.004 \times 10^6 \text{ N}$$

Bila dibandingkan dengan kondisi sebelum renovasi,

$$P1 = 25.5 \text{ t}$$

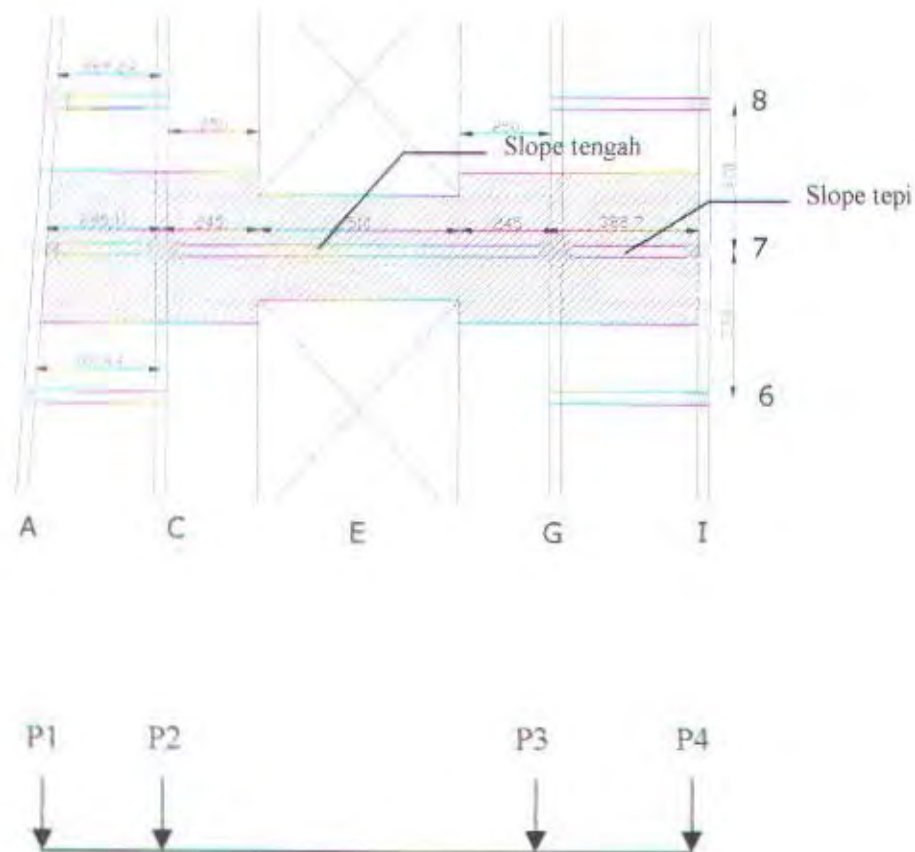
$$P2 = 142.3 \text{ t}$$

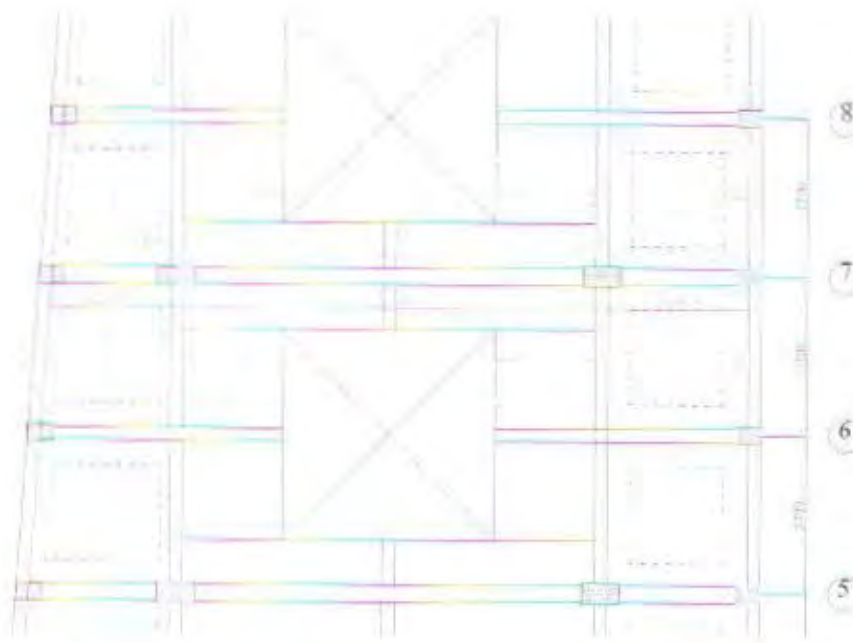
$$P3 = 147.4 \text{ t}$$

$$P4 = 33.03 \text{ t}$$

$$\text{Total } P = 348.23 \text{ t}$$

Total P kondisi renovasi lebih kecil bila dibandingkan dengan total P saat sebelum renovasi, sehingga pada dasarnya daya dukung tanah masih mencukupi.





Gambar 4.17. Potongan Denah Pondasi dan Pemodelan Beban

4.3.1. Perhitungan Pembebanan Pondasi

$$\begin{aligned}\text{Luas daerah pondasi} &= 3700 \times 5451 + 5000 \times 2500 + 6100 \times 3700 \\ &= 55283700 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Beban total pondasi} = 306.18 \text{ t} = 3.004 \times 10^6$$

$$\begin{aligned}\text{Beban merata (q)} &= 3.004 \times 10^6 / 55283700 \\ &= 0.054 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Beban merata pada slope :

$$\begin{aligned}\text{Slope 1 (q}_{ek}) &= 1/2 \times q \times l_x (1 - 1/3 (l_x/l_y)^2) \\ &= 0.5 \times 0.054 \times 2951 (1 - 1/3 (2951/3700)^2) \\ &= 62.78 \text{ N/mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{slope 2 (q}_{ek}) &= 62.78 + 1/3 \times q \times l_x \\ &= 62.78 + 1/3 \times 0.054 \times 2951\end{aligned}$$

$$= 115.898 \text{ N/mm}$$

$$\text{slope 3 (q}_{ek}) = 53.118 + 1/2 \times 0.054 \times 3600 (1 - 1/3 (3600/3700)^2)$$

$$= 119.65 \text{ N/mm}$$

$$\text{slope 4 (q}_{ek}) = 66.53 \text{ N/mm}$$

$$\text{slope tepi kiri (q}_{ek}) = 2 \times 1/3 \times 0.054 \times 2951$$

$$= 106.2 \text{ N/mm}$$

$$\text{slope tepi kanan (q}_{ek}) = 2 \times 1/3 \times 0.054 \times 3600$$

$$= 129.6 \text{ N/mm}$$

$$\text{slope tengah (q}_{ek}) = 2 \times 0.5 \times 0.054 \times 2500 (1 - 1/3 \times (2500/10000)^2)$$

$$= 132.2 \text{ N/mm}$$

Beban terpusat slope :

$$\text{Slope 1 dan 5} = 62.78 \times 3700 = 232286 \text{ N}$$

$$\text{Slope 2 dan 6} = 115.898 \times 3700 = 428822.6 \text{ N}$$

$$\text{Slope 3 dan 7} = 119.65 \times 3700 = 442705 \text{ N}$$

$$\text{Slope 4 dan 8} = 66.53 \times 3700 = 246161 \text{ N}$$

Gaya geser = 0

$$841109.4 + 635786.1 - 232286 - 428822.6 - 106.2 \times 5451 - 129.6(x) = 0$$

$$\text{didapat, } x = 1828 \text{ mm}$$

$$\text{dari P1, } L = 1828 + 5451 = 7279 \text{ mm}$$

$$M_{maks} = (841109.4 - 232286) \times 7279 + (635786.1 - 428822.6) \times 4328$$

$$- 106.2 \times 5451 \times 5803.5 - 0.5 \times 132.2 \times 1828^2$$

$$= 1.747 \times 10^8 \text{ Nmm}$$

4.3.2. Perencanaan Slope

4.3.2.1 Perencanaan Tulangan Lentur Slope

Direncanakan

$$b = 500 \text{ mm}$$

$$d = 1000 \text{ mm}$$

$$f'_c = 22.5 \text{ MPa}$$

$$f_y = 260 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \beta_1 \frac{0.85 f'_c}{f_y} \frac{630}{630 + f_y} \\ &= 0.85 \frac{0.85 \times 22.5}{260} \frac{630}{630 + 260} \\ &= 0.044 \end{aligned}$$

$$\rho_{maks} = 0.75 \times 0.044 = 0.033$$

ambil $\rho = 0.025$

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{\rho f_y}{f'_c} \\ &= \frac{0.025 \times 260}{22.5} \\ &= 0.289 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \omega f'_c (1 - 0.59 \omega) \\ &= 0.289 \times 22.5 (1 - 0.59 \times 0.289) \\ &= 5.392 \end{aligned}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_u}{\phi R}}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{1.747 \times 10^8}{0.8 \frac{500}{1000} 5.392}}$$

$$= 910 \text{ mm}$$

As perlu = $\rho b d$

$$= 0.025 \times 500 \times 910$$

$$= 11213 \text{ mm}^2$$

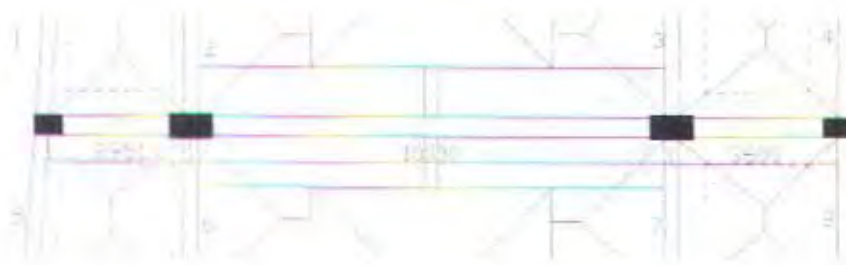
pakai tulangan 19-D28 ($A_s = 11693 \text{ mm}^2$)

Tulangan yang ada pada slope lama = 6-D25 ($A_s = 2943.75 \text{ mm}^2$)

Dipasang tulangan 14-D28 ($A_s = 8616.16$)

$$A_s \text{ total} = 2943.75 + 8616.16 = 11559.91 \text{ mm}^2$$

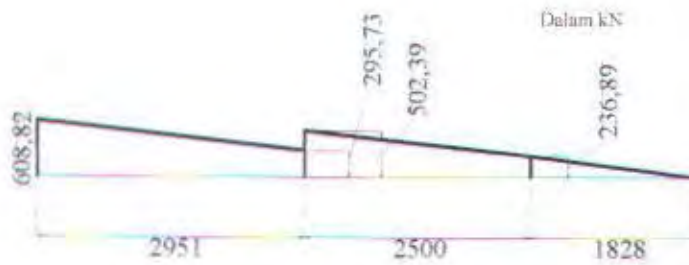
4.3.2.2. Perencanaan Tulangan Geser Slope



(a)



(b)



(c)

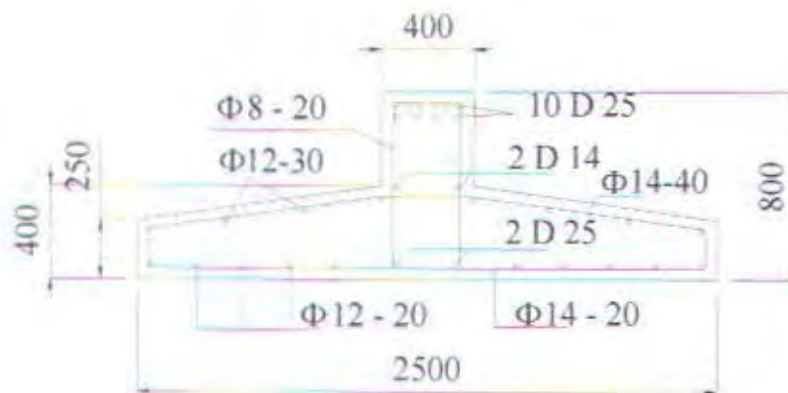
Gambar 4.18. Gaya Geser pada Slope

Dari gambar diatas,

Data slope :

$b = 500 \text{ mm}$, $h = 1000 \text{ mm}$, $d = 940 \text{ mm}$

tulangan sengkang ada (dari slope lama) = $\Phi 8-20$



Gambar 4.19. Penampang Slope Lama

Perhitungan :

$$\begin{aligned}\Phi V_{S(lama)} &= \Phi A_v \cdot f_y \cdot d / S \\ &= 0.6 \times 100.53 \times 320 \times 740 / 200 \\ &= 71416.51\end{aligned}$$

$$V_u = 608820 \text{ N}$$

$$V_{u(haru)} = 608820 - 71416.51 = 537403.49 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}\Phi V_{C(haru)} &= \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \sqrt{32.5} \times 500 \times 940 \\ &= 446568.71 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\Phi V_{S(haru)} = 537403.49 - 446568.71 = 90834.78 \text{ N}$$

Direncanakan sengkang $\Phi 12$ ($A_v = 226.08$)

$$S = A_v \cdot f_y \cdot d / \Phi V_{s(\text{baru})} = 226.08 \times 260 \times 940 / 90834.78$$

$$= 608.2907 \text{ mm}$$

dipakai sengkang $\Phi 12 - 300$



Gambar 4.20. Penampang Slope Baru

4.4. Perencanaan Konsol

Untuk perencanaan konsol yang diperlukan adalah besarnya beban vertikal yang akan diterima oleh konsol tersebut. Untuk memudahkan perhitungan akan diambil daerah pengaruh balok yang akan dipikul oleh konsol.



Gambar 4.21. Denah Balok

Perhitungan Pembebanan

Dari perhitungan pembebanan lantai pada sub bab 3.2.2. :

$$DL = 481 \text{ kg/m}^2$$

$$LL = 250 \text{ kg/m}^2$$

Beban berfaktor yang harus dipikul :

$$U = 1.2 DL + 1.6 LL$$

$$= 1.2 \times 481 + 1.6 \times 250 = 977.2 \text{ kg/m}^2 = 0.0096 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{luas lantai} = 16520 \times 3700 = 61124000 \text{ mm}^2$$

$$\text{berat lantai} = 0.0096 \times 61124000 = 586790.4 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \text{berat balok} &= 1.2 \times 2400 \times (0.3 \times 0.5 \times (2.951 + 3.6) + 0.4 \times 0.9 \times 10) \\ &= 1.2 \times 10998.36 \text{ kg} = 129472.69 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\text{untuk satu perletakan} = (586790.4 + 129472.69) / 2 = 358131.55 \text{ N}$$

Data Perencanaan :

$$f'_c = 32.5 \text{ MPa}$$

$$f_y = 260 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}\text{lebar pelat landasan} &= \frac{V_u}{\Phi \cdot 0.85 f_c x b} \\ &= \frac{358131.55}{0.7 \times 0.85 \times 32.5 \times 300} = 61.733514 \text{ mm}\end{aligned}$$

gunakan pelat landasan dengan lebar 65 mm

direncanakan : a = 75 mm

panjang konsol x = 150 mm

$$V_u = 358131.55 \text{ N}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\Phi} = \frac{358131.55}{0.65} = 550971.6154 \text{ N}$$

Cek $V_{n \text{ maks}}$ (SKSNI '91 PS 3.4.9.3-(2))

$$0.2 f_c b_w d = 0.2 \times 32.5 \times 300 \times 430 = 838500 \text{ N} > V_n$$

$$5.5 b_w d = 5.5 \times 300 \times 430 = 709500 \text{ N} > V_n$$

Penulangan Geser

$$\begin{aligned}A_{vt} &= \frac{V_n}{f_y \mu} = \frac{550971.62}{260 \times 1.0 \times 1.0} \\ &= 2119.12 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

dimana :

$$\mu = 1.4 \lambda \text{ untuk beton dicor monolit}$$

$$\mu = 1.0 \lambda \text{ untuk beton dicor tidak monolit dan permukaan dikasarkan}$$

$$\mu = 0.6 \lambda \text{ untuk beton dicor tidak monolit dan permukaan tidak dikasarkan}$$

$$\mu = 0.2 \lambda \text{ untuk beton dianker ke struktur baja}$$

$$\lambda = 1.0 \text{ untuk beton normal}$$

$$\lambda = 0.85 \text{ untuk beton pasir ringan}$$

$\lambda = 0.75$ untuk beton ringan umum

Karena tidak ada gaya horisontal yang bekerja maka diambil minimum

$$N_{uc} = 0.2V_u = 0.2 \times 358131.55 = 71626.31 \text{ N (SKSNI 3.4.9-3(4))}$$

$$A_{rf} = \frac{M_u}{\Phi f_y J d} = \frac{358131.55 \times 75 + 71626.31 \times (500 - 430)}{0.65 \times 260 \times 0.85 \times 430}$$

$$= 516.010 \text{ mm}^2$$

$$A_n = \frac{N_{uc}}{\Phi f_y} = \frac{71626.31}{0.6 \times 260} = 459.143 \text{ mm}^2$$

Cek tulangan tarik utama (SKSNI 3.4.9-3 (5))

$$A_s = (2/3 A_{rf} + A_n) = (2/3 \times 2119.12 + 459.143) = 1871.89 \text{ mm}^2$$

$$A_{s2} = A_r + A_n$$

$$= 516.010 + 459.134 = 975.144 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = 0.04 \frac{f'_c}{f_y} b.d = 0.04 \times \frac{32.5}{260} 300 \times 430$$

$$= 645 \text{ mm}^2$$

dipakai $A_s = 1871.89 \text{ mm}^2$ (diambil yang terbesar)

Tulangan geser

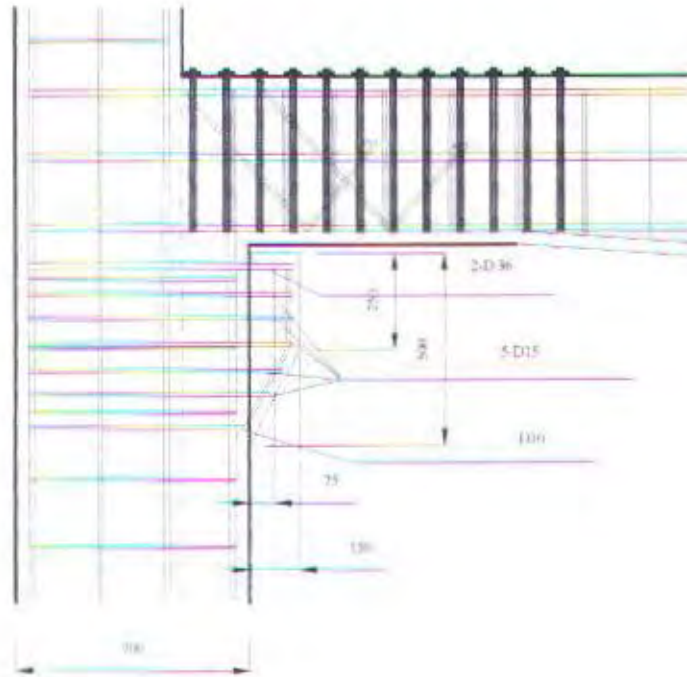
$$1/3 A_{rf} = 1/3 \times 2119.12 = 706.37 \text{ mm}^2$$

$$A_b = 0.5 (A_s - A_n) = 0.5 (1871.89 - 459.134) = 706.378 \text{ mm}^2$$

Pilih tulangan :

diperlukan $A_s = 1871.89 \text{ mm}^2$, dipakai 2 - $\Phi 36 = 2034.72 \text{ mm}^2$

diperlukan $A_b = 706.378 \text{ mm}^2$, dipakai 5 - $\Phi 15 = 883.13 \text{ mm}^2$



Gambar 4.22. Konsol



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Dari pembahasan dan uraian yang telah diberikan pada bab-bab sebelumnya dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Perilaku beban gedung (mati dan hidup) akan menyebar kearah kolom tepi.
2. Sistem ini memungkinkan struktur asli tetap berdiri selama renovasi berlangsung.
3. Dengan melakukan modifikasi yang sederhana terhadap struktur lama sudah bisa mendapatkan hasil yang optimal sesuai dengan kebutuhan.
4. Sistem pratekan tendon eksternal dapat dipakai sebagai salah satu alternatif untuk renovasi gedung yang bertujuan menghilangkan kolom untuk mendapatkan area ruangan yang luas.

5.2. SARAN

1. Penerapan-penerapan untuk gedung yang lain harus benar-benar meneliti struktur yang ada agar didapat hasil yang sempurna.
2. Untuk menyempurnakan metode ini perlu diadakan simulasi sehingga kelebihan dan kelemahan nya dapat diketahui dengan pasti.



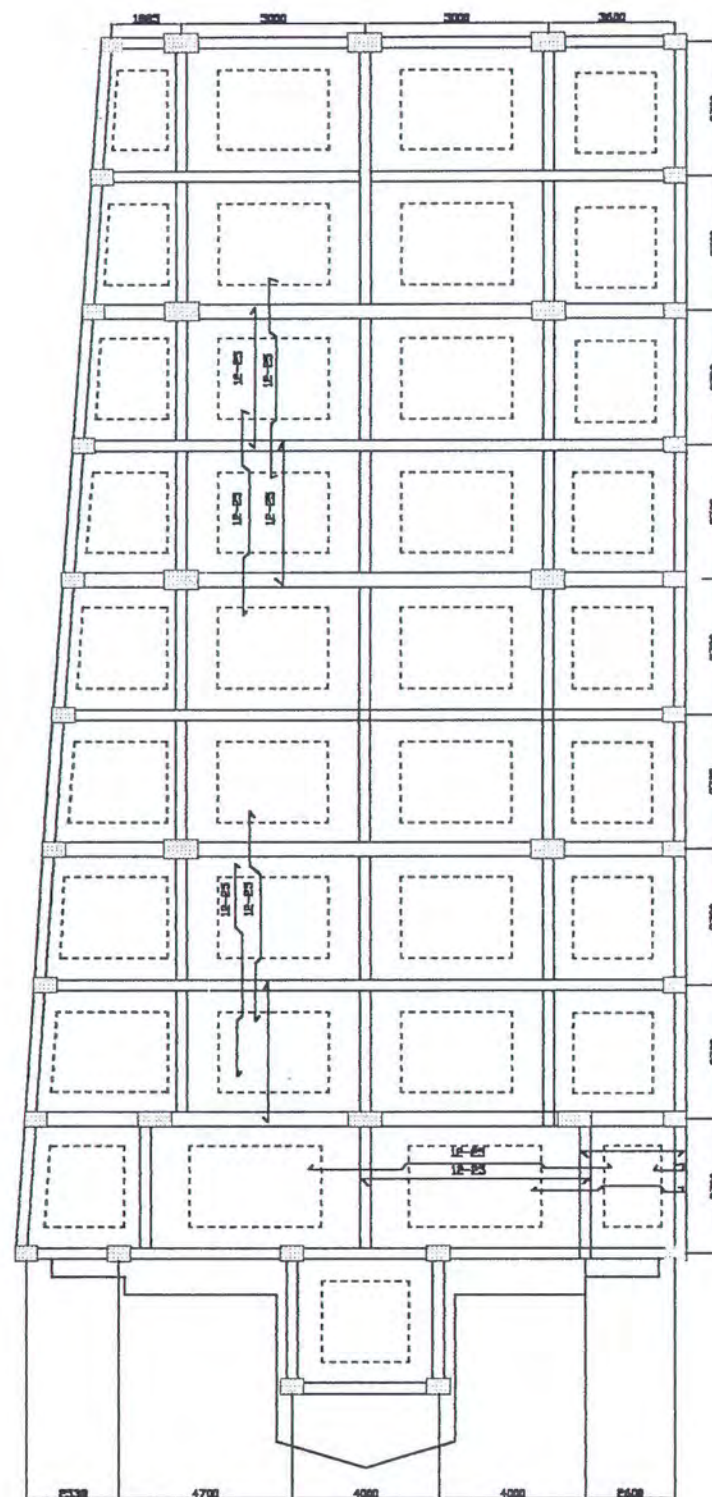
DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

1. T.Y. Lin, H. Burns, 1993, *Desain Struktur Beton Prategang*, Erlangga, Edisi Ketiga, Jakarta.
2. T. Paulay, M.J.N. Priestly, 1991, *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*, John Wiley and Son's Inc., San Diego, Amerika.
3. Departemen Pekerjaan Umum, 1983, *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk gedung 1983*, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
4. Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 1971, *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 N.1.-2*, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
5. Departemen Pekerjaan Umum, 1991, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, Yayasan LPMB, Bandung.
6. Edward L. Wilson, Ashraf Habibullah, 1989, *User Manual SAP90*, Computer and Structure Inc.
7. Charles G. Salmon, Chu Kia Wang, Binsar Hariandja, 1989, *Desain Beton Bertulang Jilid 1*, Erlangga, Jakarta.
8. Charles G. Salmon, Chu Kia Wang, Binsar Hariandja, 1989, *Desain Beton Bertulang Jilid 2*, Erlangga, Jakarta.



LAMPIRAN



DENAH PELAT LANTAI 3
SKALA 1 : 300



DENAH PELAT LANTAI 2
SKALA 1 : 300



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA
2021

TUGAS AKHIR (TS-1780)
ALTERNATIF RENOVASI
GEDUNG RUMAH MAKAN BIYUNG
DENGAN SISTEM PRATEKAN TENDON
EKSTERNAL

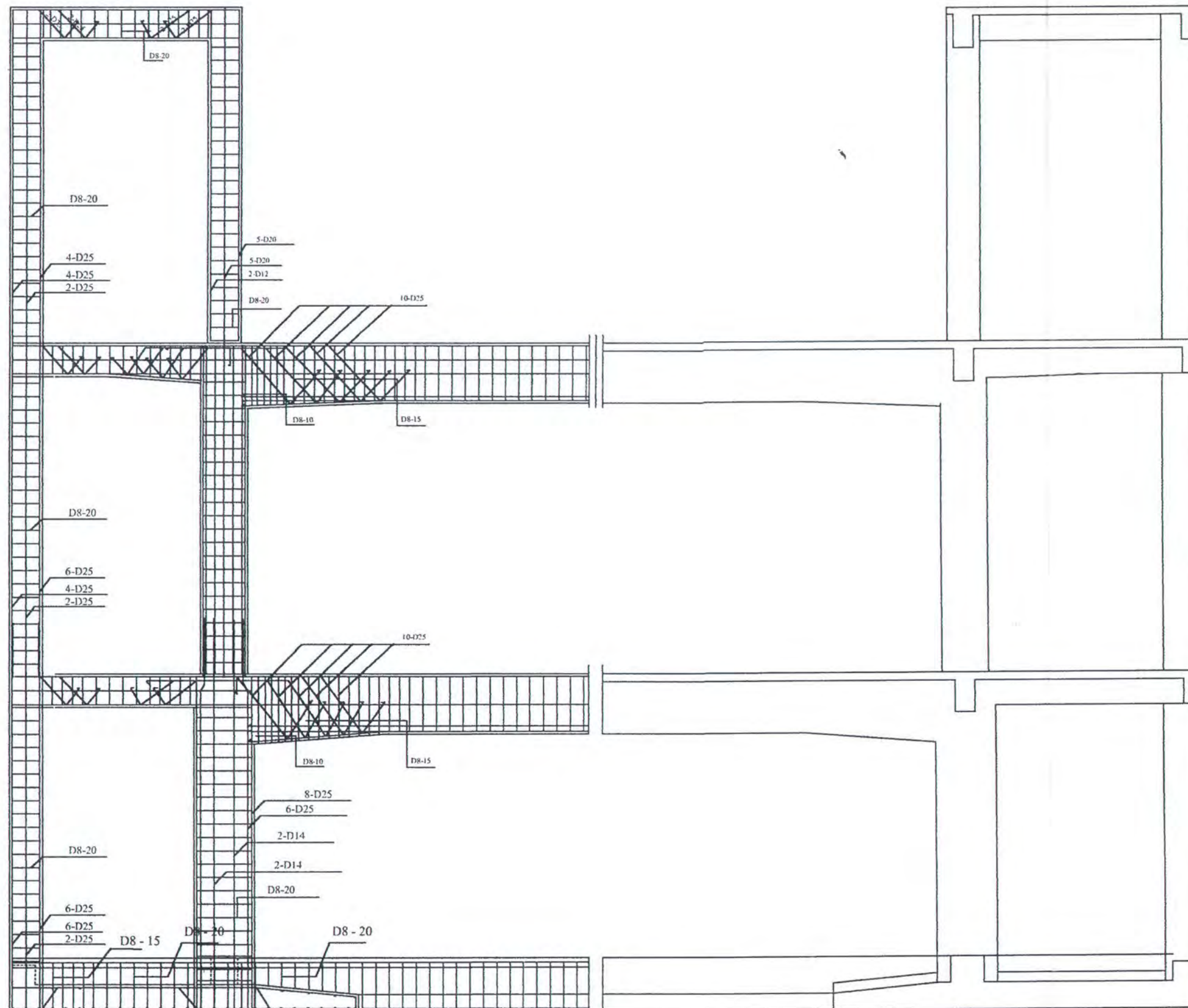
MAHASISWA	YOHANES WAHYUDI
N R P	3196 100 019
DOSEN PEMBIMBING	Ir. AGUS HARI WAHYONO, Ph.D. Ir. FAIRUN

JUDUL GAMBAR	SKALA
DENAH PELAT LANTAI 3	1 : 300
DENAH PELAT LANTAI 2	1 : 300

NO	TANGGAL	REVISI

NO	KETERANGAN
1	TEBAL PELAT = 12 CM

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
1	13



JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2001

TUGAS AKHIR (TS-1780)
 ALTERNATIF RENOVASI
 GEDUNG RUMAH MAKAN BIYUNG
 DENGAN SISTEM PRATEKAN TENDON
 EKSTERNAL

MALIASISWA	YOHANES WAHYUDI
N R P	3196 100 019
DOSEN PEMBIMBING	Ir. AGUS HARI WAHYONO, Ph.D. Ir. FAIMUN

JUDUL GAMBAR	SKALA
PENULANGAN PORTAL SEBELUM RENOVASI	1 : 80

NO	TANGGAL	REVISI

NO	KETERANGAN

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
2	13



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2001

TUGAS AKHIR (TS-1780)
ALTERNATIF RENOVASI
GEDUNG RUMAH MAKAN BIYUNG
DENGAN SISTEM PRATEKAN TENDON
EKSTERNAL

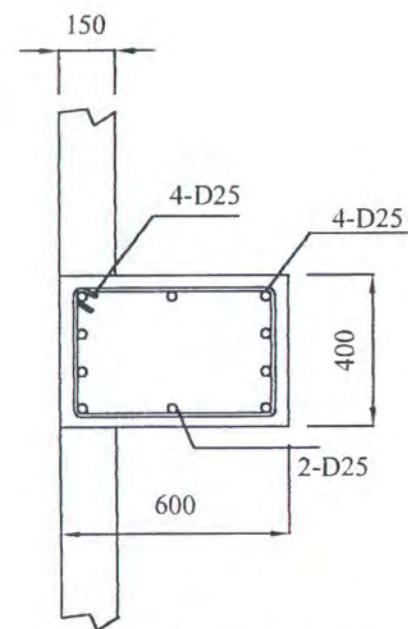
MAHASISWA	YOHANES WAHYUDI
N R P	3196 100 019
DOSEN PEMBIMBING	Ir. AGUS HARTI WAHYONO, Ph.D. Ir. FAHMUN

JUDUL GAMBAR	SKALA
POTONGAN KOLOM	1 : 30

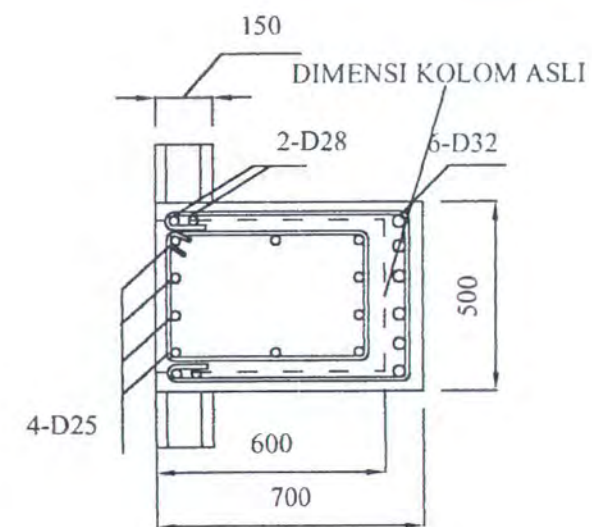
NO	TANGGAL	REVISI

NO	KETERANGAN

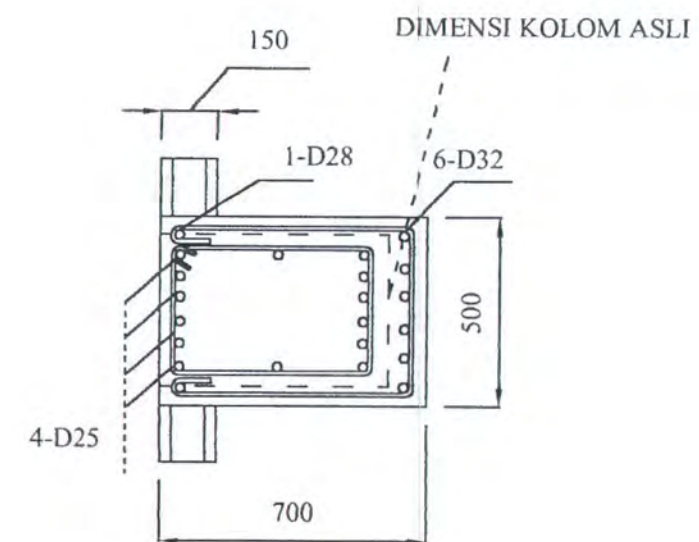
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
4	13



POTONGAN KOLOM K1
SKALA 1 : 20



POTONGAN KOLOM K2
SKALA 1 : 20



POTONGAN KOLOM K3
SKALA 1 : 20



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2001

TUGAS AKHIR (TS-1780)
ALTERNATIF RENOVASI
GEDUNG RUMAH MAKAN BIYUNG
DENGAN SISTEM PRATEKAN TENDON
EKSTERNAL

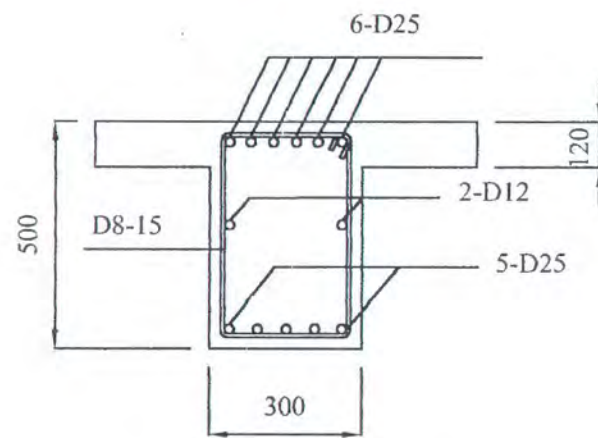
MAHASISWA	YOHANES WAHYUDI
N.R.P	3196100319
DOSEN PENTRUMBING	Ir. AGUS HARI WAHYONO, Ph.D. Ir. FAIMUN

JUDUL GAMBAR	SKALA
POTONGAN BALOK	1 : 30

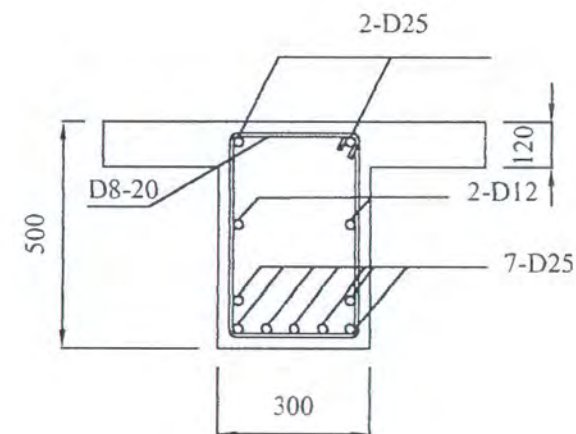
NO	TANGGAL	REVISI

NO	KETERANGAN

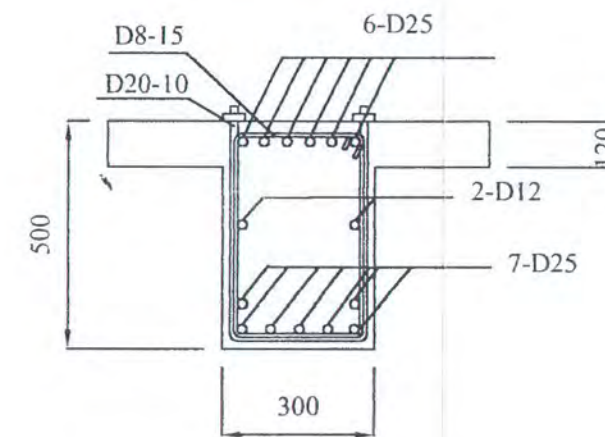
NO. LEMBAR	JUMAH LEMBAR
5	13



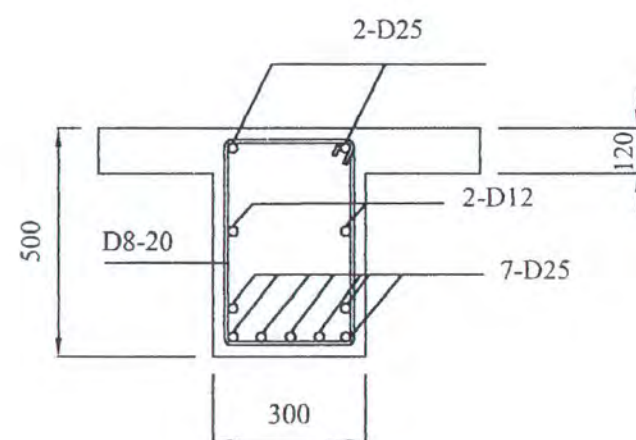
POTONGAN BALOK B1
SKALA 1 : 20



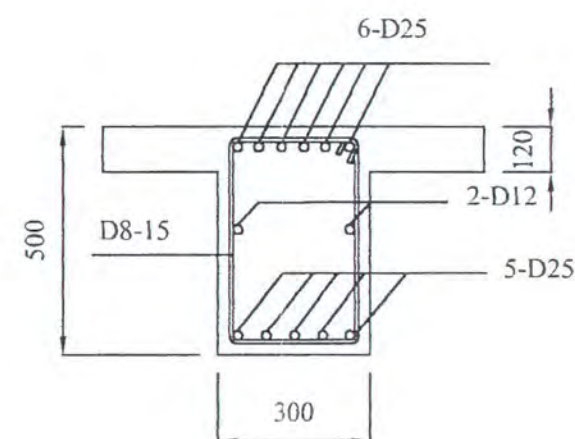
POTONGAN BALOK B2
SKALA 1 : 20



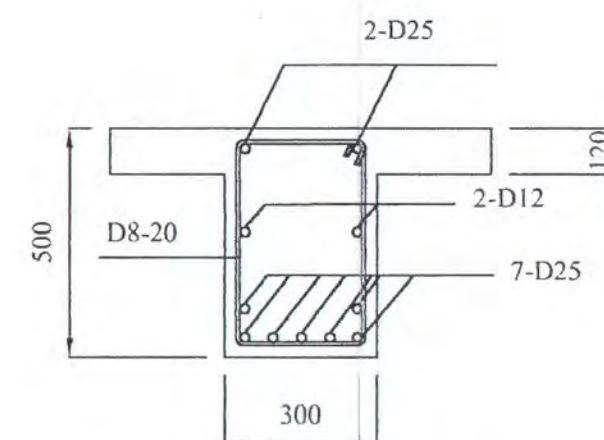
POTONGAN BALOK B3
SKALA 1 : 20



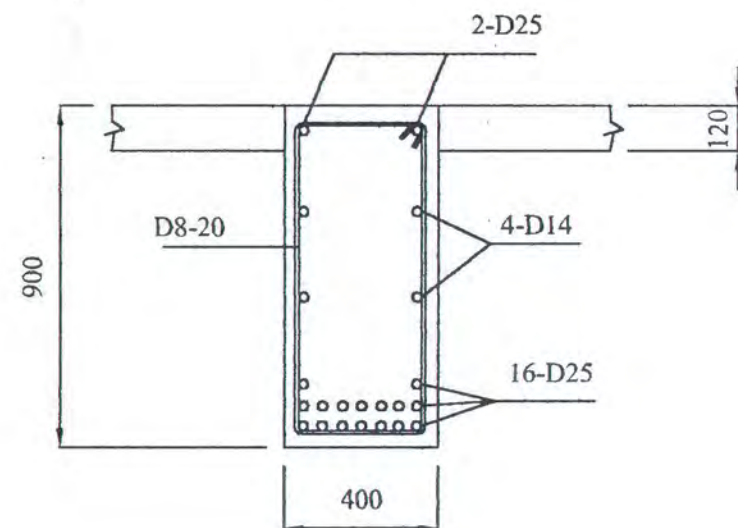
POTONGAN BALOK B4
SKALA 1 : 20



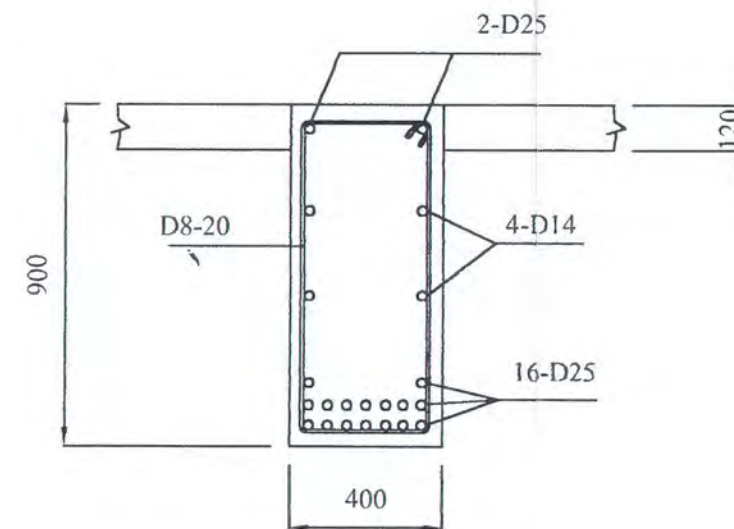
POTONGAN BALOK B5
SKALA 1 : 20



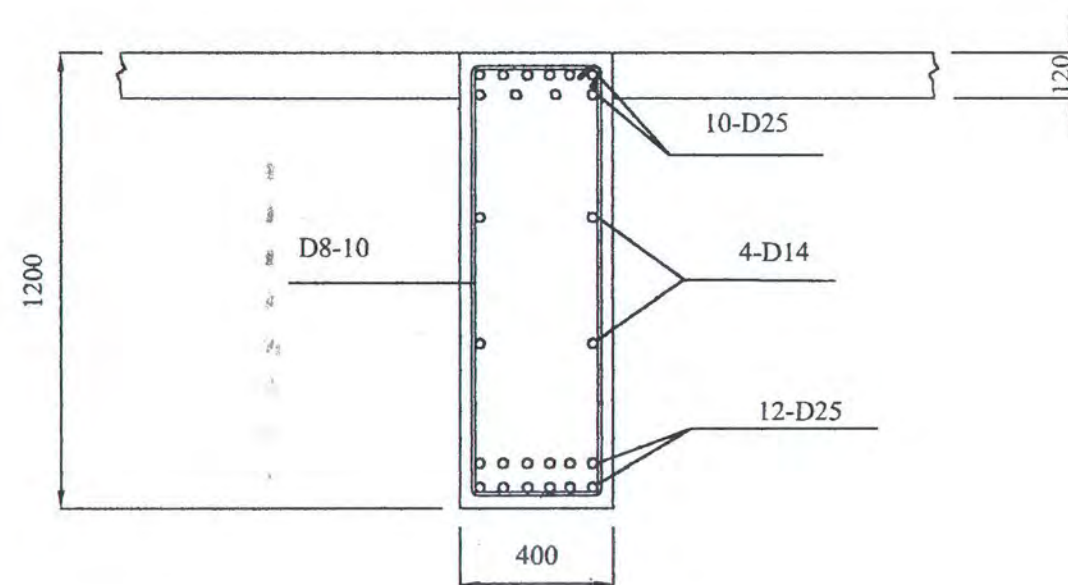
POTONGAN BALOK B6
SKALA 1 : 20



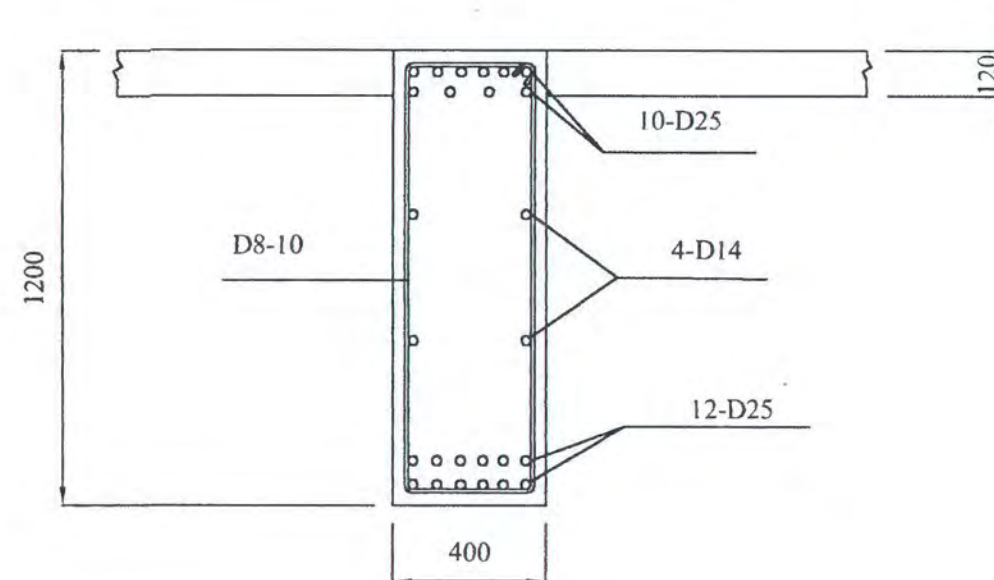
POTONGAN BALOK B8
SKALA 1 : 20



POTONGAN BALOK B10
SKALA 1 : 20



POTONGAN BALOK B9
SKALA 1 : 20



POTONGAN BALOK B7
SKALA 1 : 20



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2001

TUGAS AKHIR (TS-1780)
ALTERNATIF RENOVASI
GEDUNG RUMAH MAKAN BIYUNG
DENGAN SISTEM PRATEKAN TENDON
EKSTERNAL

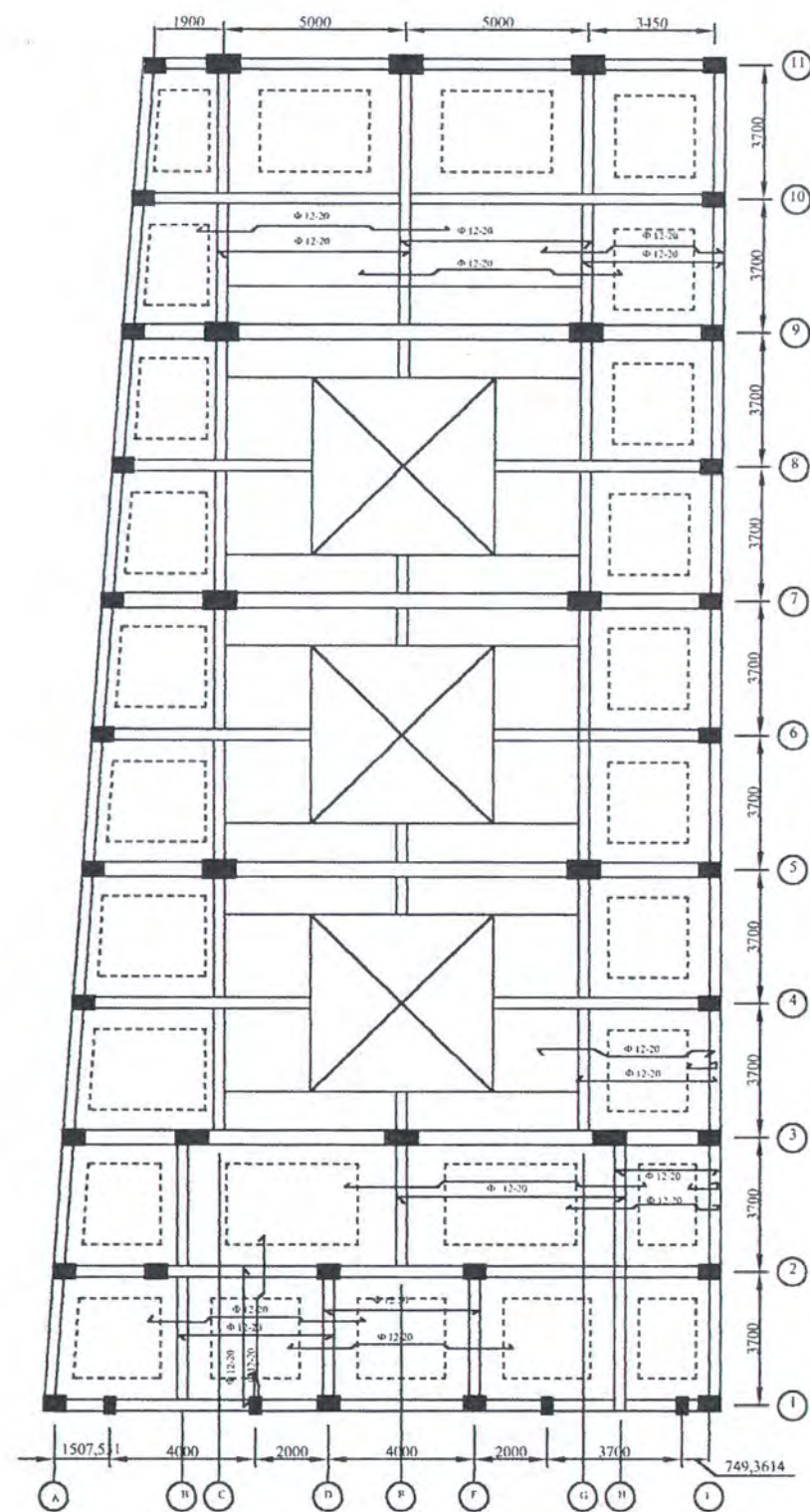
MAHASISWA	YOHANES WAHYUDI
N R P	3196100019
DOSEN PEMBIMBING	Ir. AGUS HART WAHYONO, Ph.D. Ir. FAIMUN

JUDUL GAMBAR	SKALA
POTONGAN BALOK	1 : 30

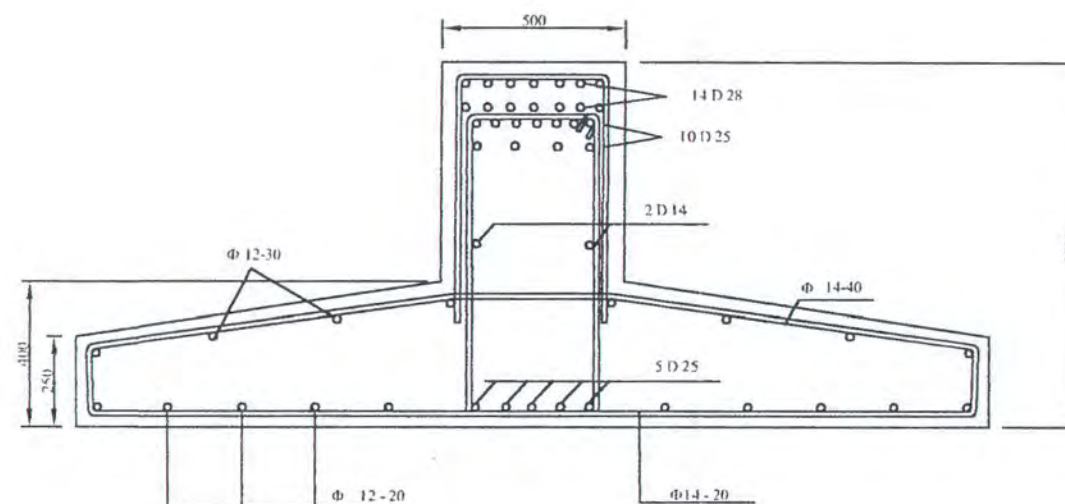
NO	TANGGAL	REVISI

NO	KETERANGAN

NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
6	13



DENAH PELAT PONDASI
SKALA 1 : 300



POTONGAN KOPEL SLOPE PORTAL 5,7,9

SKALA 1 : 20



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2001

TUGAS AKHIR (TS-1780)
ALTERNATIF RENOVASI
GEDUNG RUMAH MAKAN BIYUNG
DENGAN SISTEM PRATEKAN TENDEX
EKSTERNAL

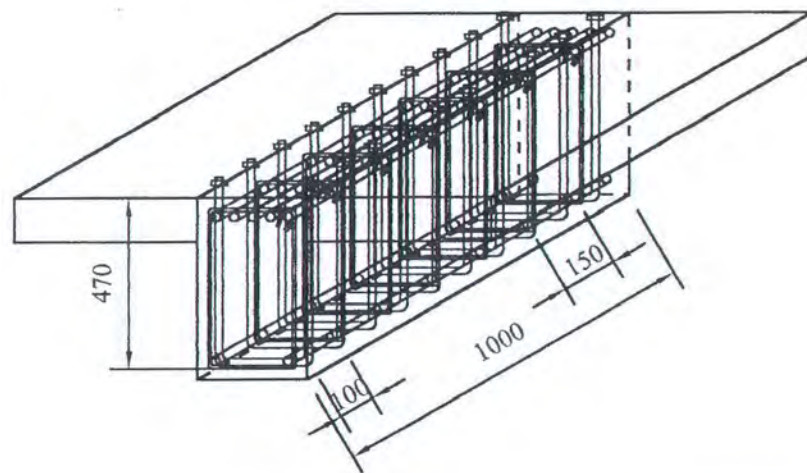
MAHASISWA	YOHANES WAHYUDI
N R P	3196 100 019
DOSEN PEMBIMBING	Ir. AGUS HARI WAHYONO, Ph.D. Ir. FAHMUN

JUDUL GAMBAR	SKALA
PONDASI	1 : 300

NO	TANGGAL	REVISI

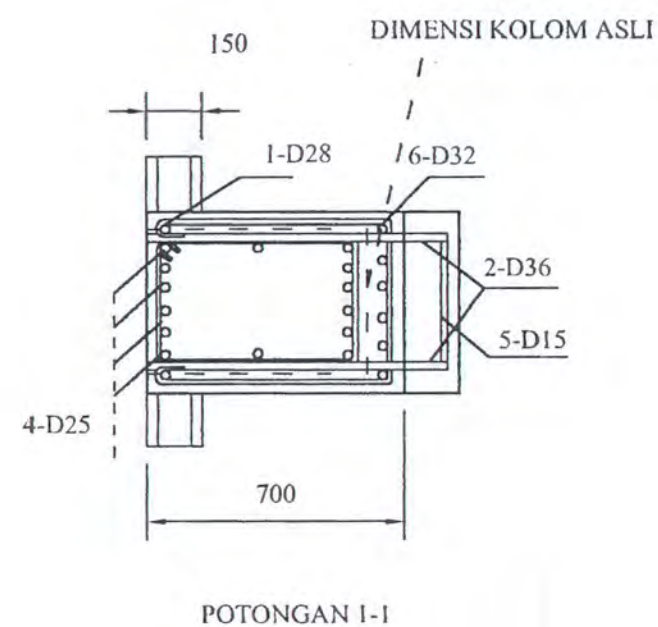
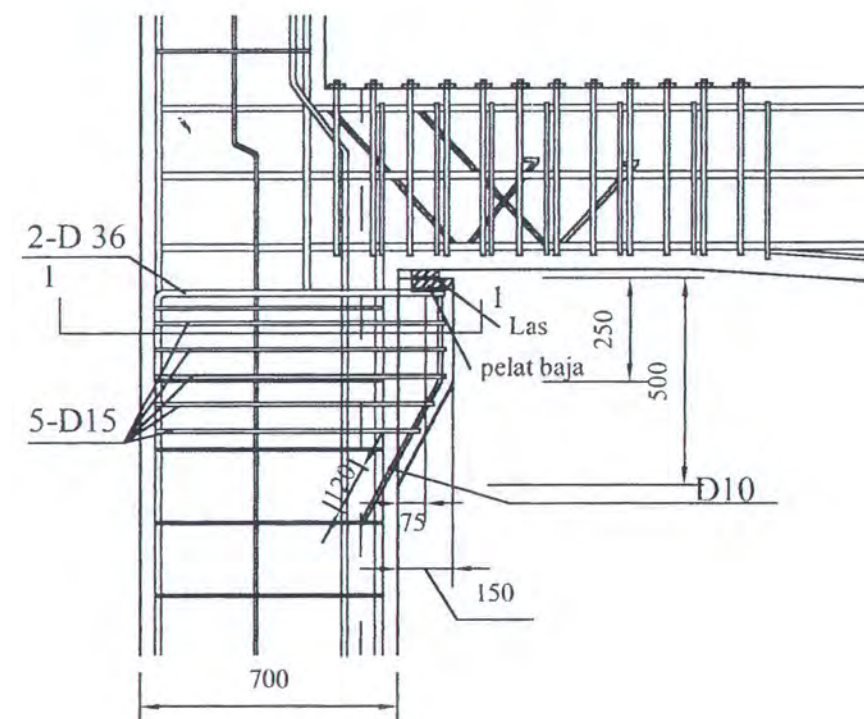
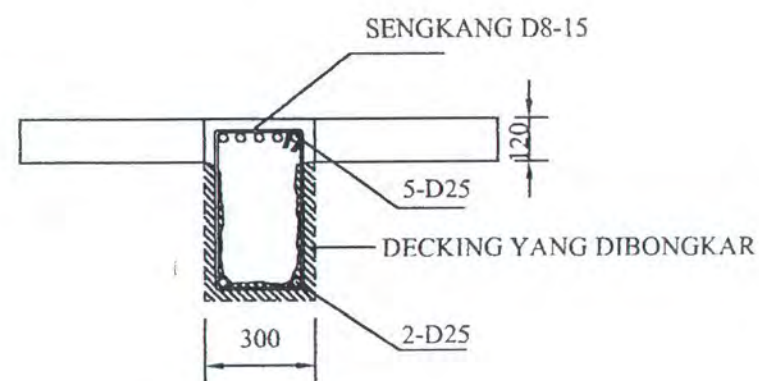
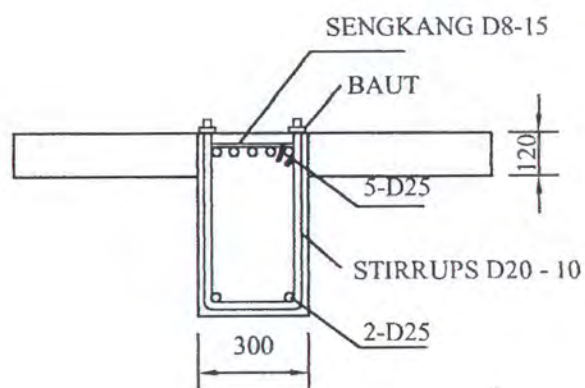
NO	KETERANGAN
	TEBAL PELAT 18 CM

NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
7	13



GAMBAR PERSPEKTIF PEMASANGAN STIRRUPS

SKALA 1:20



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2001

TUGAS AKHIR (TS-1780)
ALTERNATIF RENOVASI
GEDUNG RUMAH MAKAN BIYUNG
DENGAN SISTEM PRATEKAN TENDON
EKSTERNAL

MAHASISWA	YOHANES WAHYUDI
N R P	3196 100 019
DOSIR PEMIMPIN	Ir. AGUS HARI WAHYONO, Ph.D. Ir. FAHMUN

JUDUL GAMBAR	SKALA
STIRRUPS DAN KONSOL	1 : 20

NO	TANGGAL	REVISI

NO	KETERANGAN
	SKALA 1:20

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
8	13



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2001

TUGAS AKHIR (TS-1780)
ALTERNATIF RENOVASI
GEDUNG RUMAH MAKAN BIYUNG
DENGAN SISTEM PRATEKAN TENDON
EKSTERNAL

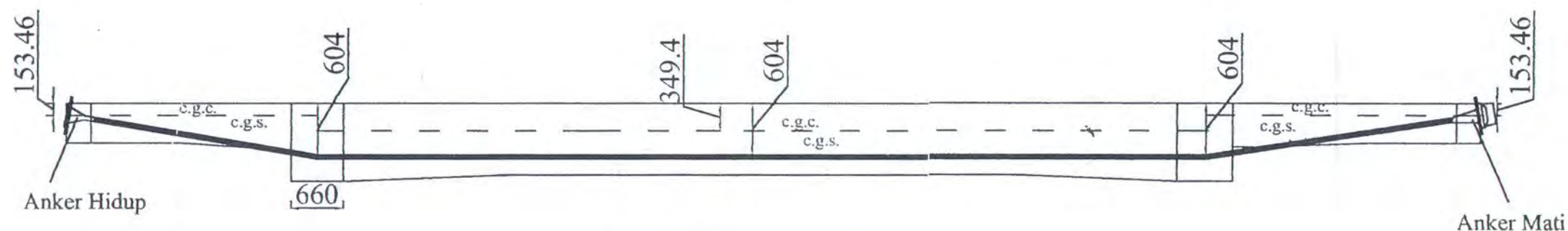
MAHASISWA	YOHANES WAHYUDI
N R P	3196 100 019
DOSEN PEMBIMBING	Ir. AGUS HARI WAHYONO, Ph.D. Ir. FAIMUN

JUDUL GAMBAR	SKALA
DETAIL ANKER DAN DEVIATOR	1 : 70

NO	TANGGAL	REVISI

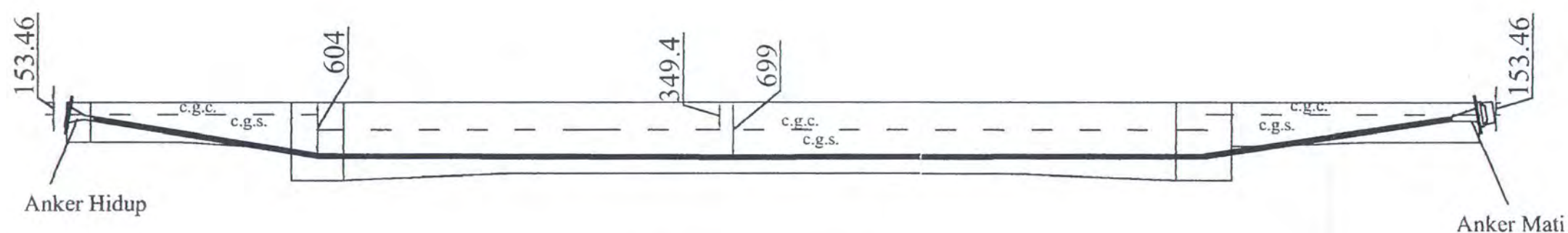
NO	KETERANGAN

NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
9	13



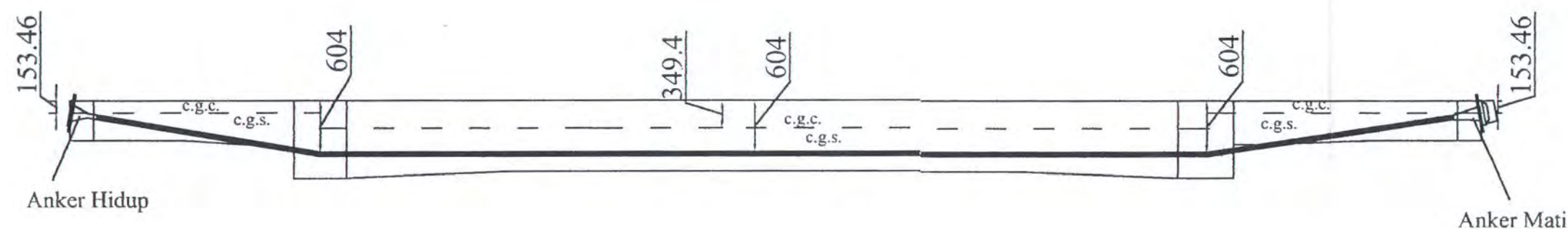
LAY OUT TENDON BALOK PORTAL 5

SKALA 1 : 80



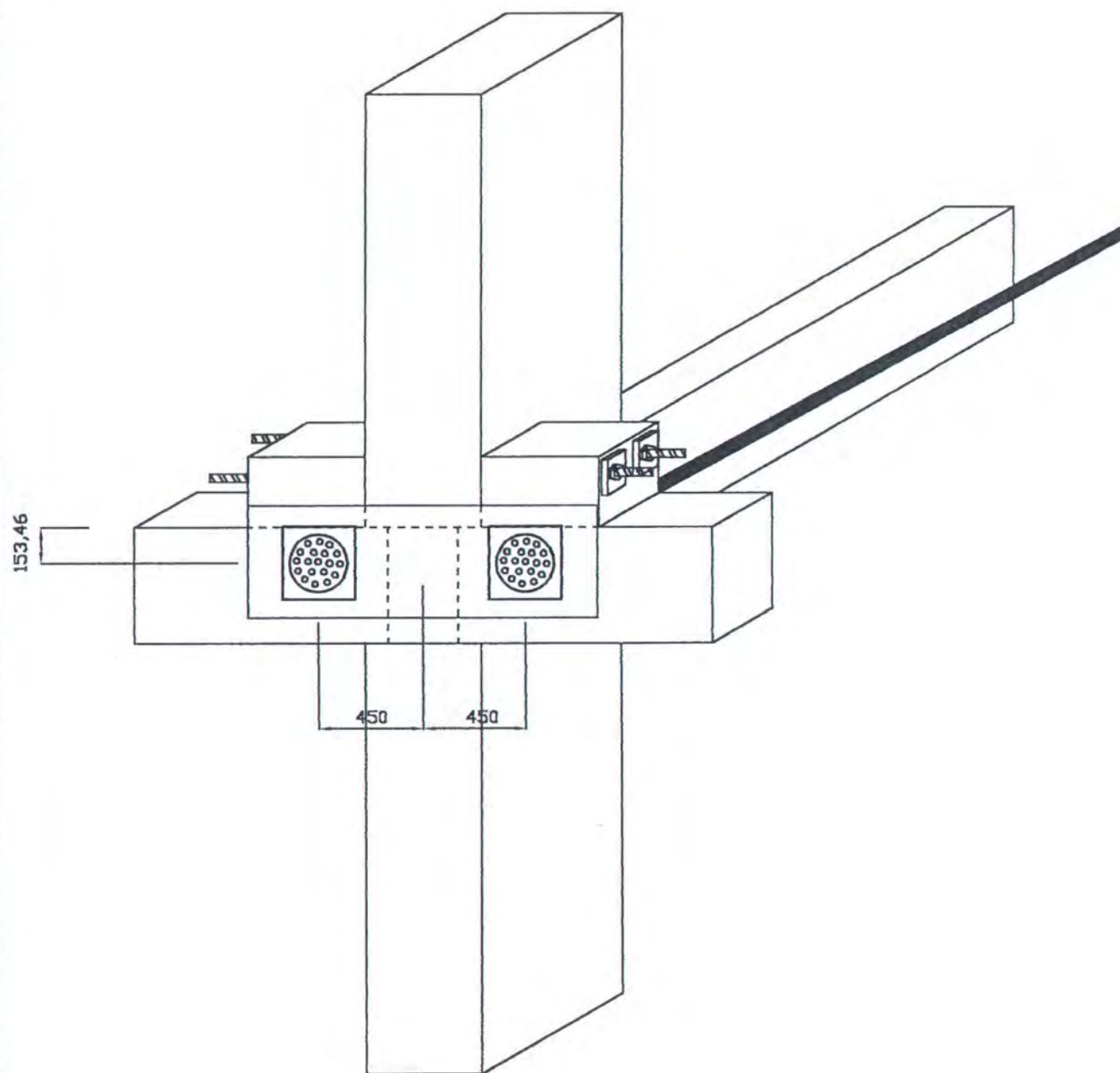
LAY OUT TENDON BALOK PORTAL 7

SKALA 1 : 80

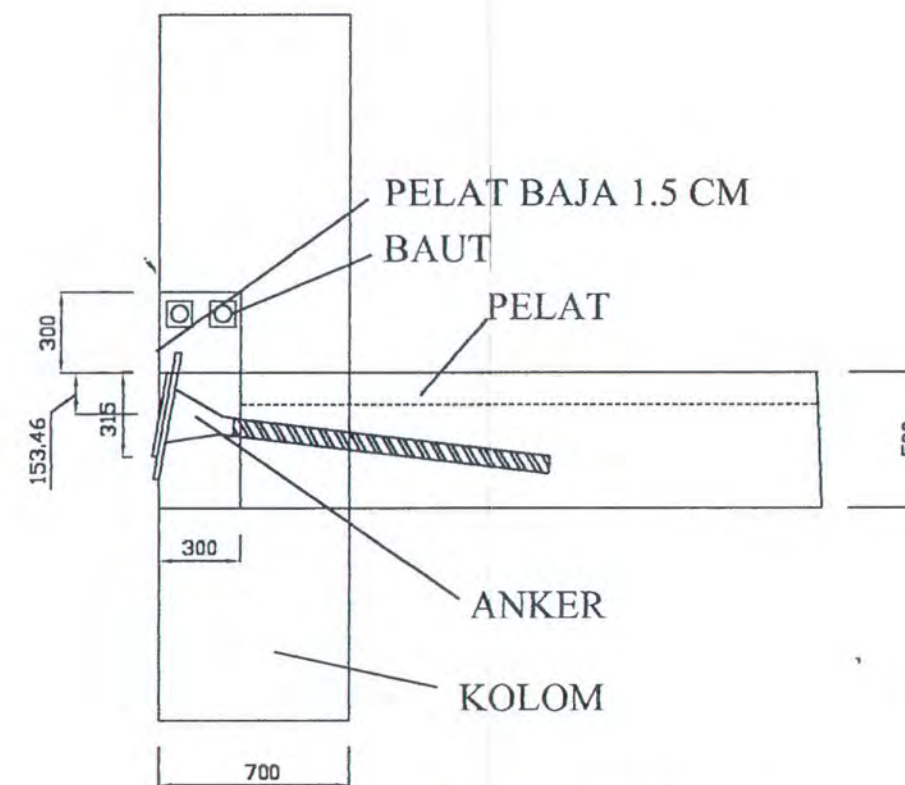


LAY OUT TENDON BALOK PORTAL 9

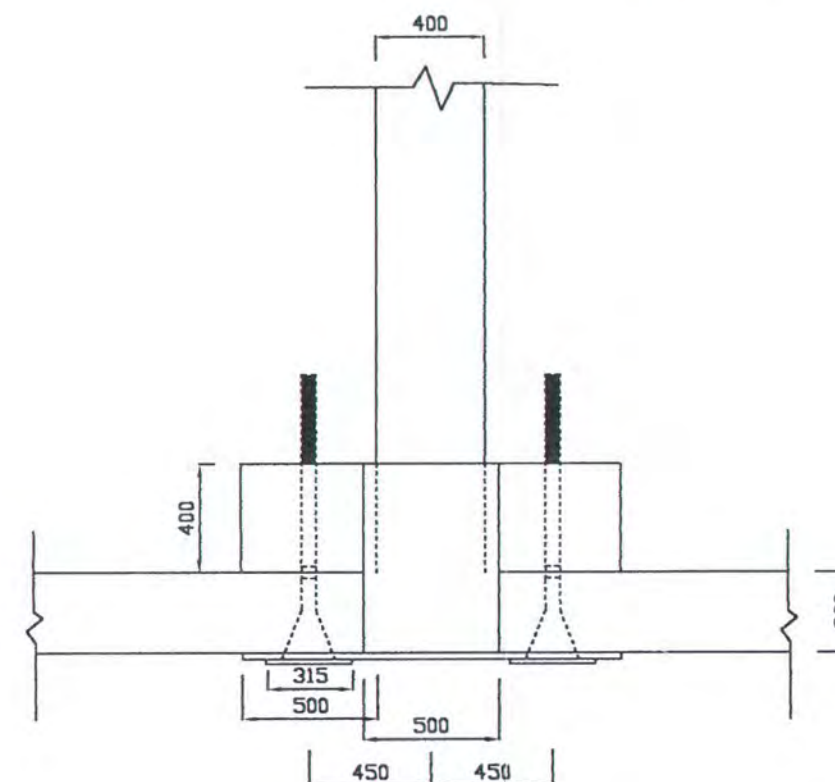
SKALA 1 : 80



ANKER HIDUP
SKALA 1 : 30



TAMPAK SAMPIING



TAMPAK ATAS



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2001

TUGAS AKHIR (TS-1780)
ALTERNATIF RENOVASI
GEDUNG RUMAH MAKAN BIYUNG
DENGAN SISTEM PRATEKAN TENDON
EKSTERNAL

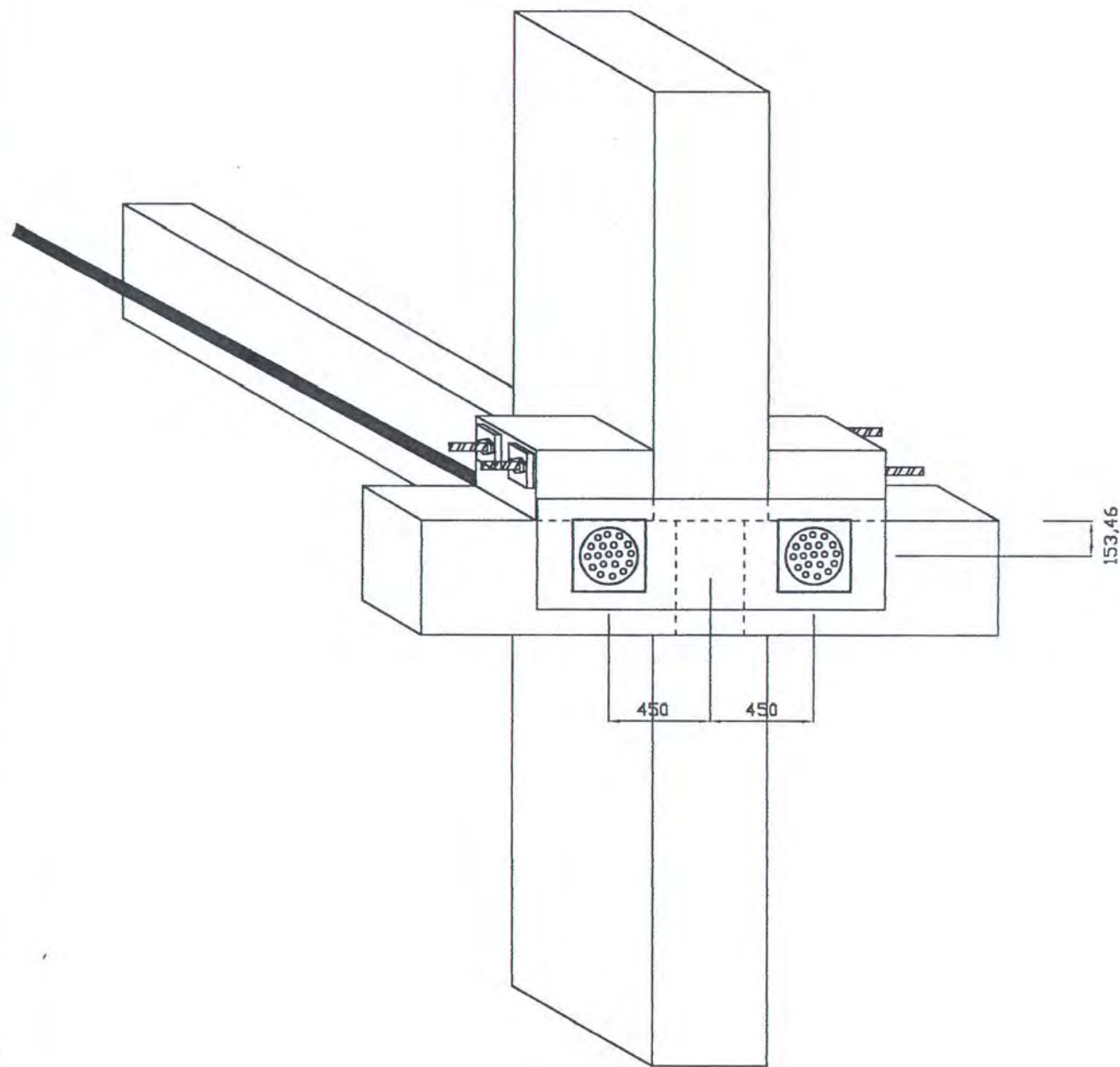
MAHASISWA	YOHANES WAHYUDI
N R P	3196 100 019
Dosen Pembimbing	Ir. AGUS HARI WAHYONO, Ph.D. Ir. FADILIN

JUDUL GAMBAR	SKALA
DETAIL ANKER	1 : 30

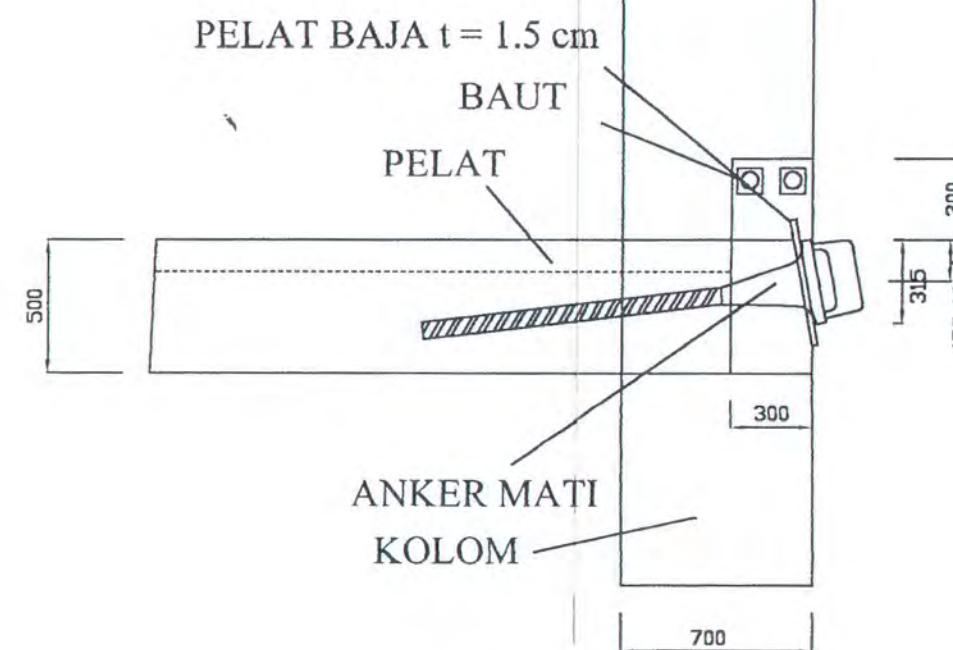
NO	TANGGAL	REVISI

NO	KETERANGAN
	TEBAL PELAT 18 CM

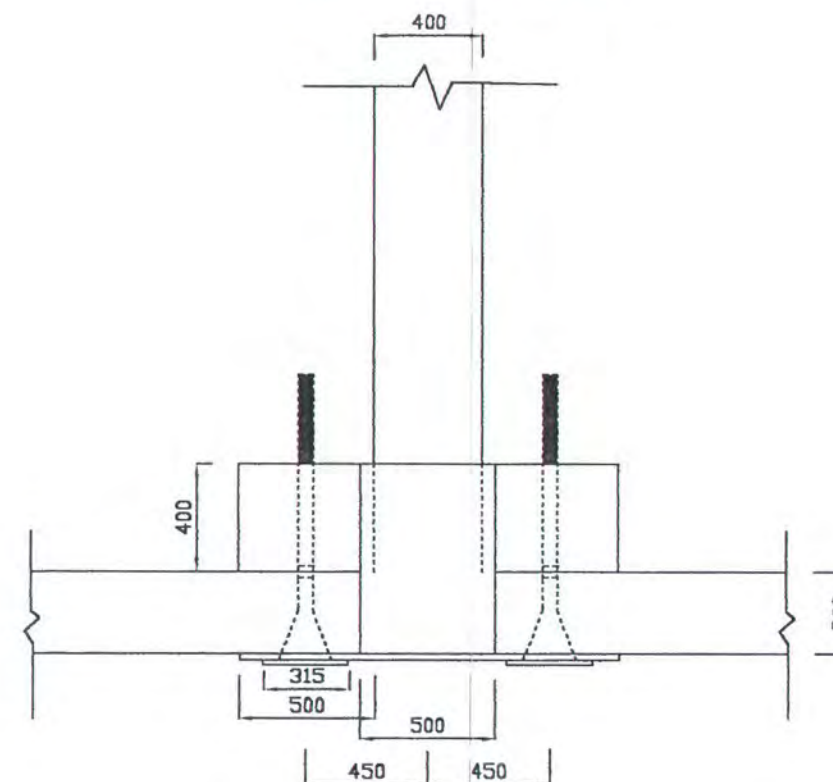
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
10	13



ANKER MATI
SKALA 1 : 30



TAMPAK SAMPAING



TAMPAK ATAS



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2001

TUGAS AKHIR (TS-1780)
ALTERNATIF RENOVASI
GEDUNG RUMAH MAKAN BIYUNG
DENGAN SISTEM PRATEKAN TENDON
EKSTERNAL

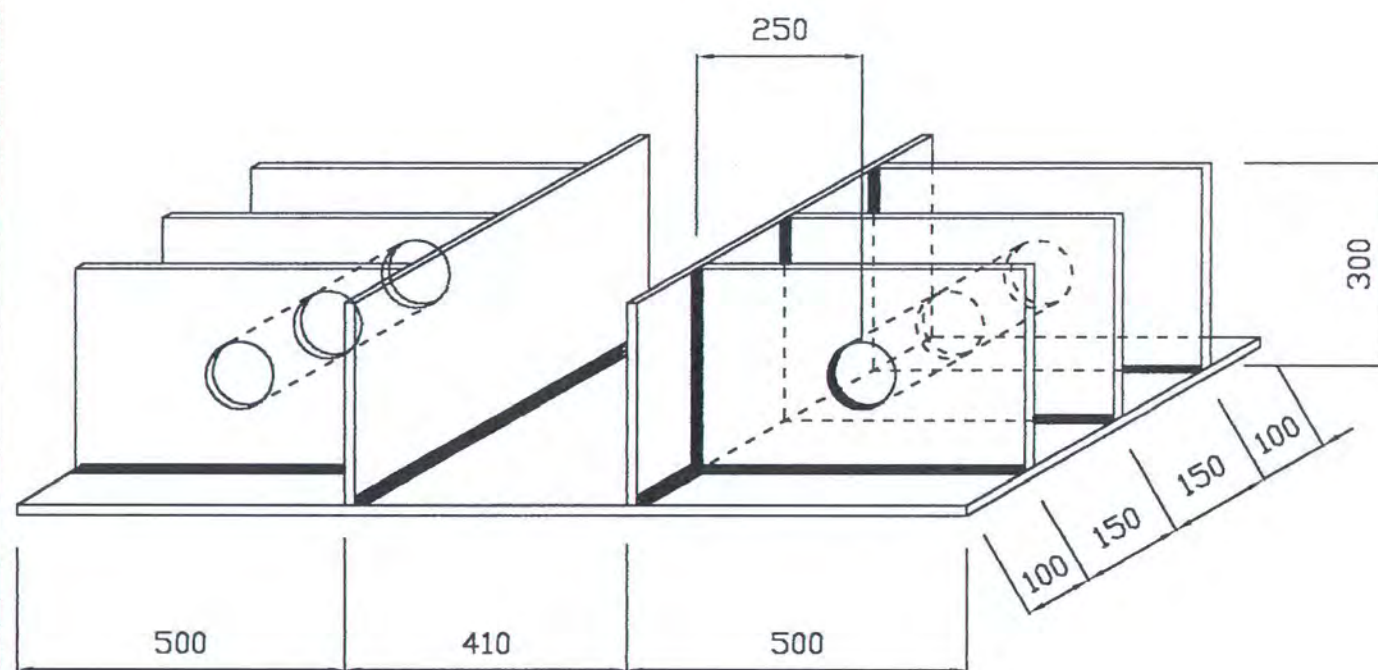
MAHASISWA	YOHANES WAHYUDI
N R P	3196 100 019
DOSEN PEMBIMBING	Ir. AGUS HARI WAHYONO, Ph.D. Ir. FADILIN

JUDUL GAMBAR	SKALA
DETAIL ANKER	1 : 30

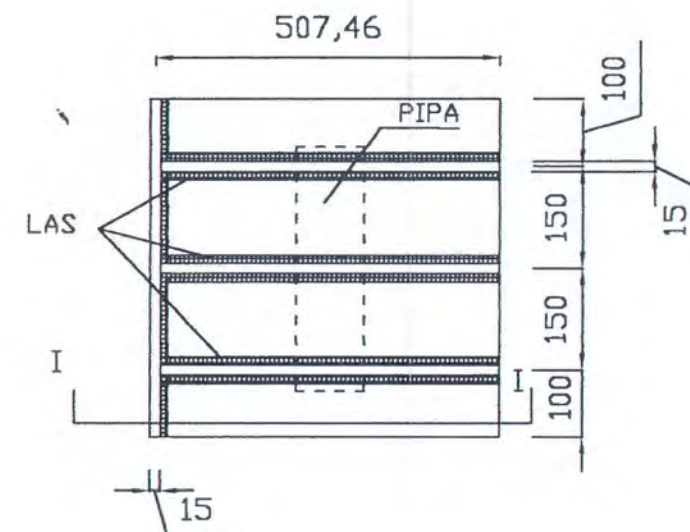
NO	TANGGAL	REVISI

NO	KETERANGAN
	TEBAL PELAT 18 CM

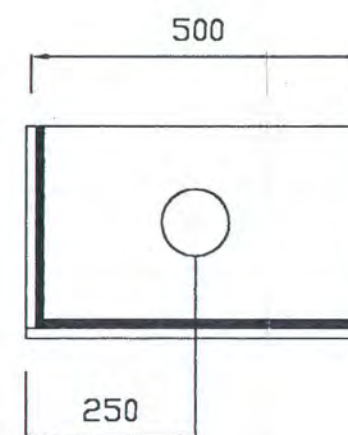
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
11	13



PELAT DEVIATOR



TAMPAK ATAS



POTONGAN I-I



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA
2001

TUGAS AKHIR (TS-1780)
ALTERNATIF RENOVASI
GEDUNG RUMAH MAKAN BIYUNG
DENGAN SISTEM PRATEKAN TENDON EKSTERNAL

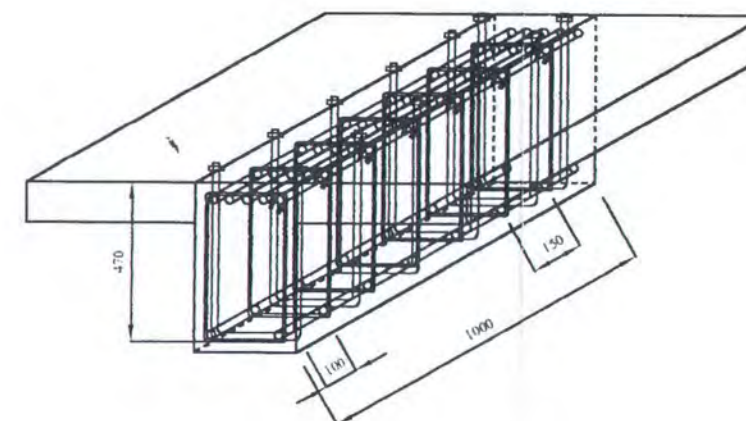
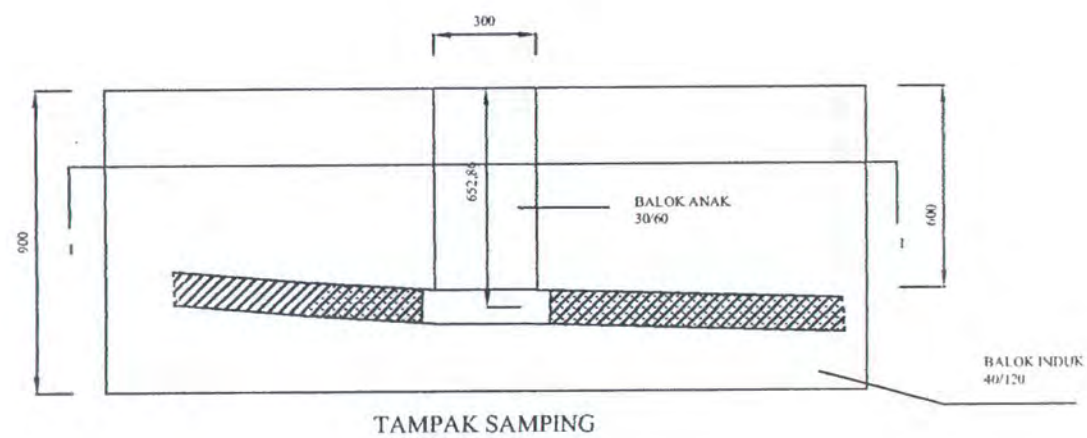
MAHASISWA	YOHANES WAHYUDI
N R P	3196 100 019
DOSEN PEMBIMBING	Ir. AGUS HARI WAHYONO, Ph.D. Ir. FAIMUN

JUDUL GAMBAR	SKALA
DETAIL DEVIATOR	1 : 20

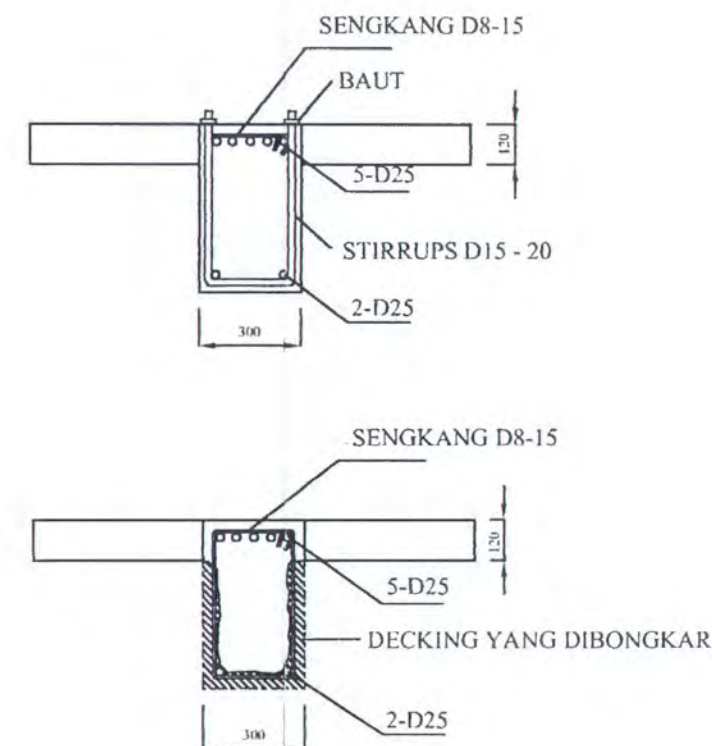
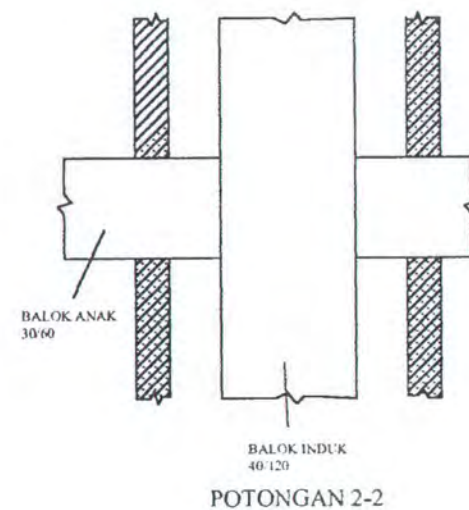
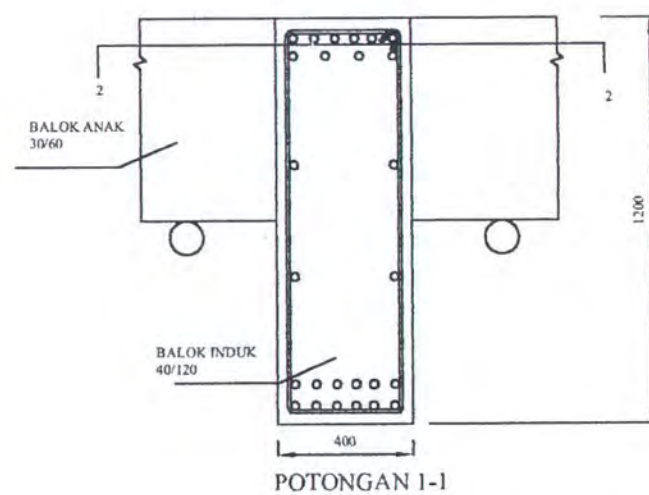
NO	TANGGAL	REVISI

NO	KETERANGAN
	TEBAL PELAT 18 CM

NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
12	13



GAMBAR PERSPEKTIF PEMASANGAN STIRRUPS
SKALA 1:20



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA
2021

TUGAS AKHIR (TS-1780)
ALTERNATIF RENOVASI
GEDUNG RUMAH MAKAN BIYUNG
DENGAN SISTEM PRATEKAN TENDON EKSTERNAL

MAHASISWA	YOHANES WAHYUDI
N R P	3196 100 019
DOSEN PEMBIMBING	Ir. AGUS HARI WAHYONO, Ph.D. Ir. FAIMUN

JUDUL GAMBAR	SKALA
DETAIL DEVIATOR DAN TULANGAN GESER PADA BALOK ANAK	1 : 20

NO	TANGGAL	REVISI

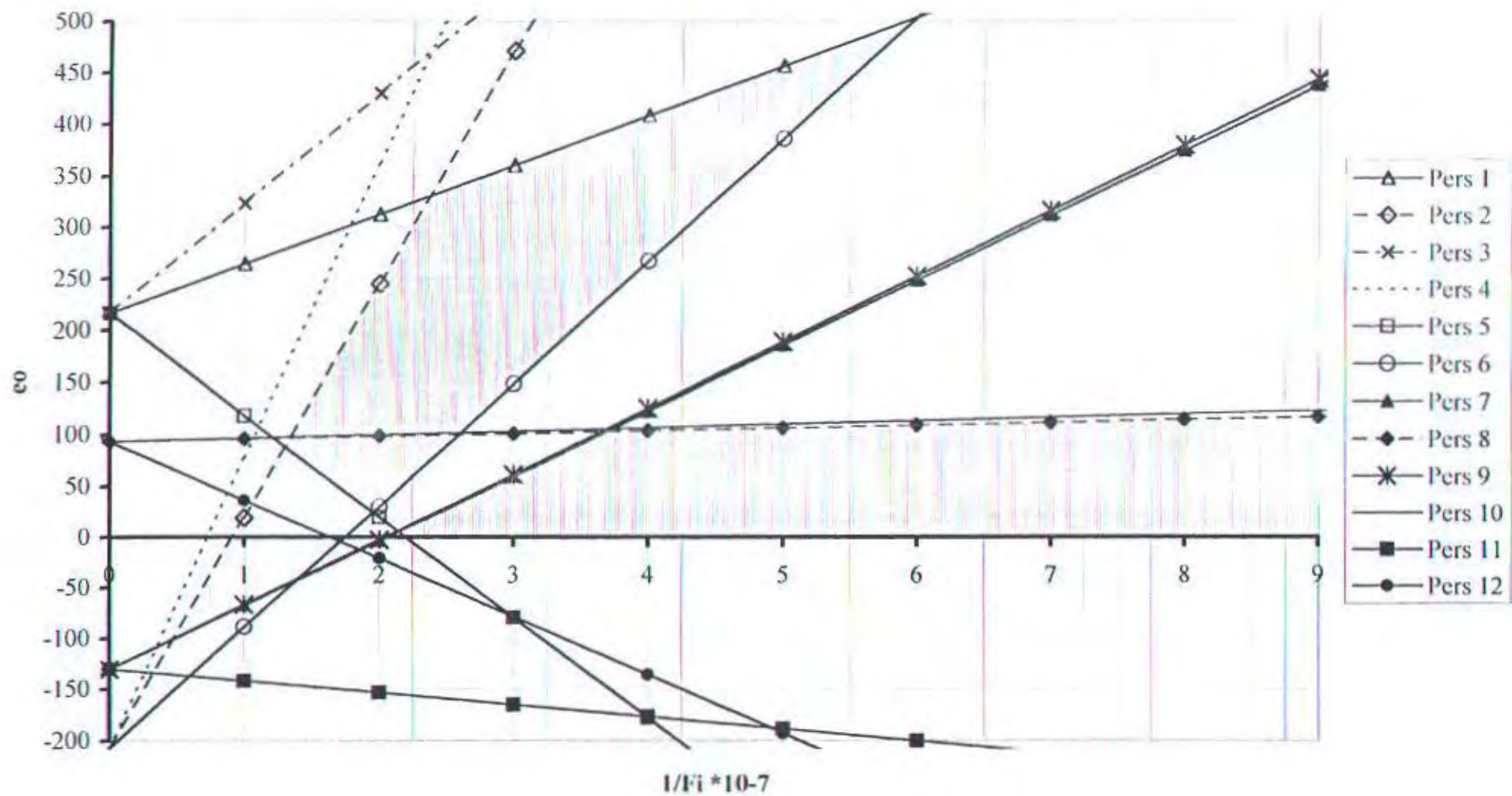
NO	KETERANGAN
	TEBAL PELAT 18 CM

NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
13	13

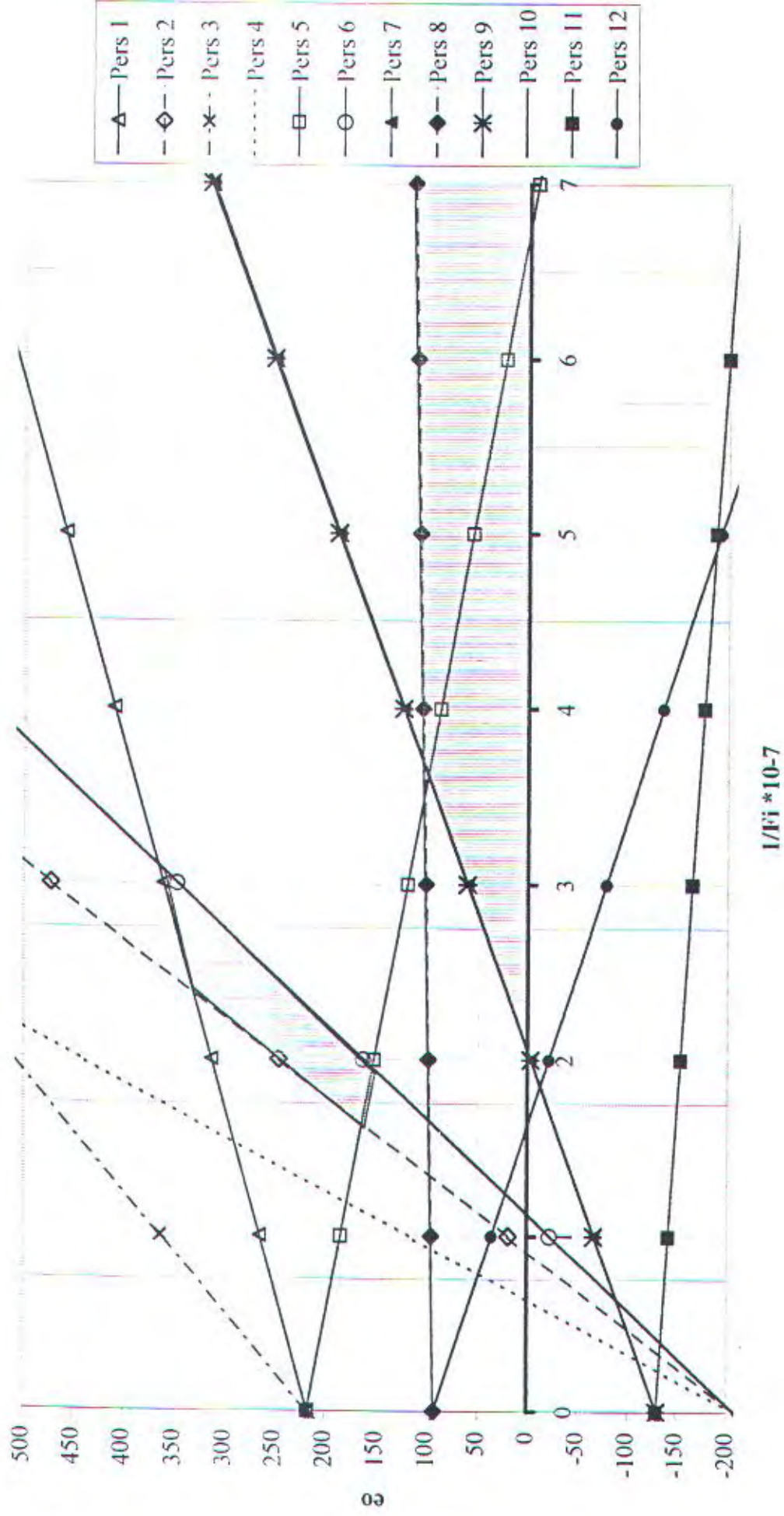
ATA PENAMPANG BALOK PRATEKAN

TENGGAH BENTANG			TUMPUAN		panjang(mm)	n strand	Ape	EKSENTRISITAS				TENGGAH BENTANG				TUMPUAN				
A(mm ²)	I(mm ⁴)		A(mm ²)	I(mm ⁴)				e Tb	e tuKI	e tuKA	e X1	e X2	Yt	Yb	Kt	Kb	Yt	Yb	Kt	Kb
5	629144.94	6.207E+10	402660.9113	8.976E+09	17061.58	19	2660	255	0	0	255	255	349.40	550.60	179.17	282.35	153.46	346.54	64.33	145.28
7	629144.94	6.207E+10	402660.9113	8.976E+09	16540.6	27	3780	350	0	0	255	255	349.40	550.60	179.17	282.35	153.46	346.54	64.33	145.28
9	629144.94	6.207E+10	402660.9113	8.976E+09	16023.2	19	2660	255	0	0	255	255	349.40	550.60	179.17	282.35	153.46	346.54	64.33	145.28

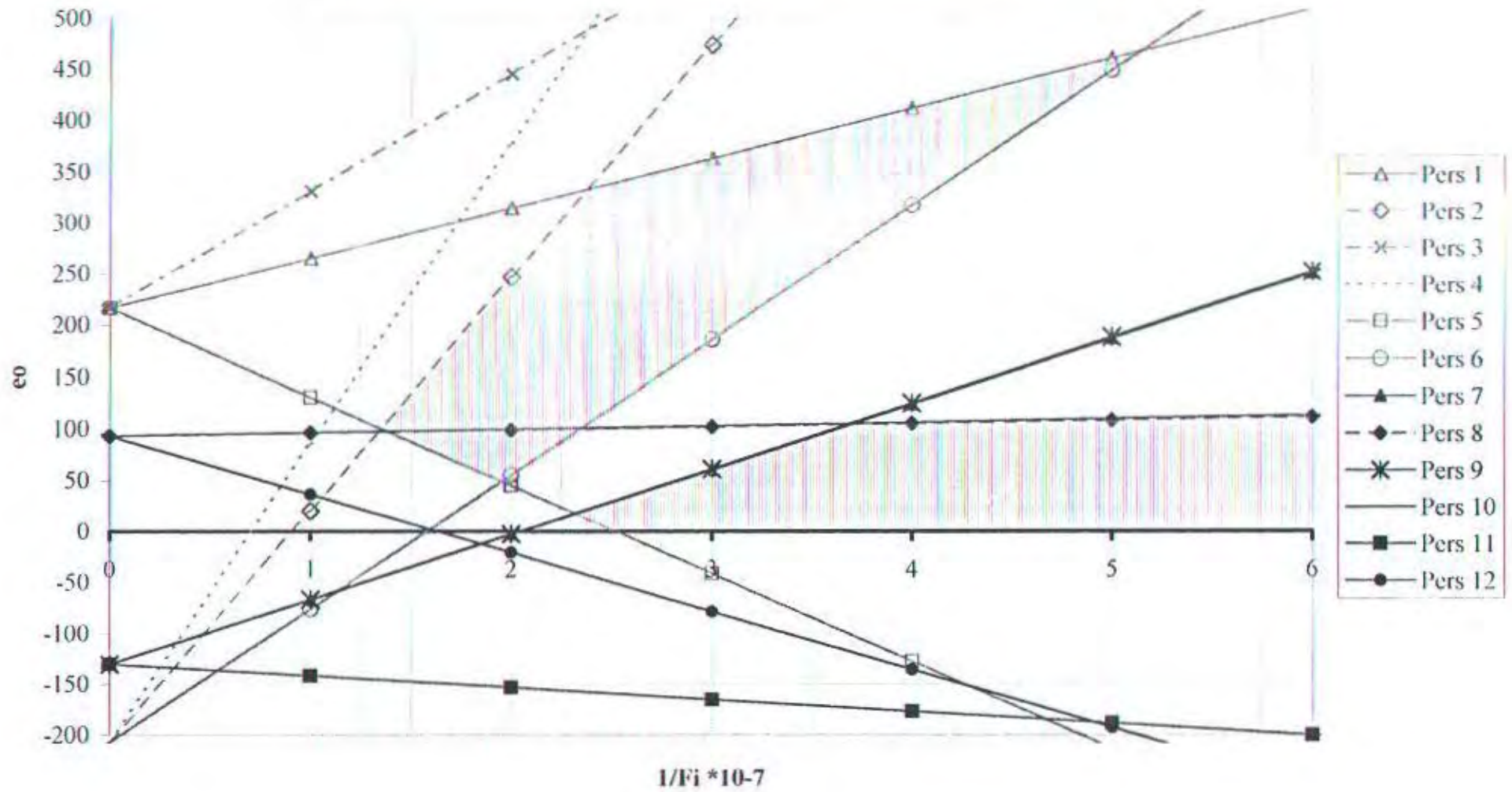
Grafik Hubungan Tegangan dan Eksentrisitas Balok Portal 5



Grafik Hubungan Tegangan dan Eksentrisitas Balok Portal 7



Grafik Hubungan Tegangan dan Eksentrisitas Balok Portal 9



Tabel Pembesaran Momen Kolom 40/60

KOLOM	P_u	M_{1b}	M_{2b}	M_{1s}	M_{2s}	ρ	β_d	kL_n/r	δ_b	β_d	δ_s	M_{ux}
221	721819.8	3.669E+07	3.528E+08	5.641E+07	6.396E+07	0.012266	0.751	43.05556	1.117	0.847	1.138E+00	4.669E+08
222	730550.7	4.267E+07	3.517E+08	5.513E+07	6.337E+07	0.012266	0.751	43.05556	1.119	0.847	1.132E+00	4.652E+08
225	906345.9	6.700E+07	4.724E+08	7.181E+07	7.328E+07	0.012266	0.751	43.05556	1.152	0.866	1.176E+00	6.303E+08
226	912918.6	7.662E+07	4.456E+08	6.720E+07	7.151E+07	0.012266	0.751	43.05556	1.153	0.862	1.214E+00	6.006E+08
229	775088.1	3.159E+07	3.826E+08	9.192E+07	9.290E+07	0.012266	0.751	43.05556	1.127	0.805	1.178E+00	5.406E+08
230	742617	2.953E+07	3.390E+08	8.388E+07	9.212E+07	0.012266	0.751	43.05556	1.121	0.786	1.167E+00	4.876E+08

Tabel Pembesaran Momen Kolom 50/70

KOLOM	P_u	M_{1b}	M_{2b}	M_{1s}	M_{2s}	ρ	β_d	kL_n/r	δ_b	δ_s	M_{ux}
221	721819.8	3.6691E+07	3.528E+08	5.641E+07	6.3961E+07	0.014794	0.751	45	1.095	1.092	4.561E+08
222	730550.7	4.267E+07	3.517E+08	5.513E+07	6.337E+07	0.014794	0.751	45	1.096	1.125	4.568E+08
225	906345.9	6.7001E+07	4.724E+08	7.181E+07	7.3281E+07	0.014794	0.751	45	1.122	1.127	6.128E+08
226	912918.6	7.662E+07	4.456E+08	6.720E+07	7.151E+07	0.014794	0.751	45	1.123	1.147	5.824E+08
229	775088.1	3.159E+07	3.826E+08	9.192E+07	9.290E+07	0.014794	0.751	45	1.103	1.080	5.222E+08
230	742617	2.953E+07	3.390E+08	8.388E+07	9.212E+07	0.014794	0.751	45	1.098	1.096	4.731E+08

RENOVASI GEDUNG RUMAH MAMAH BITYUNG
SYSTEM

V=4

POINT

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

LANTAI 1			
X	Y	Z	
101	X=0	Y=0	Z=0
102	X=1.5	Y=0	Z=0
103	X=5.5	Y=0	Z=0
104	X=7.5	Y=0	Z=0
105	X=11.5	Y=0	Z=0
106	X=13.5	Y=0	Z=0
107	X=17.2	Y=0	Z=0
108	X=18.1	Y=0	Z=0
109	X=0.2587	Y=3.7	Z=0
110	X=2.8	Y=3.7	Z=0
111	X=7.5	Y=3.7	Z=0
112	X=11.5	Y=3.7	Z=0
113	X=18.1	Y=3.7	Z=0
114	X=0.521	Y=7.4	Z=0
115	X=3.75	Y=7.4	Z=0
116	X=9.5	Y=7.4	Z=0
117	X=15.25	Y=7.4	Z=0
118	X=18.1	Y=7.4	Z=0
119	X=0.7762	Y=11.1	Z=0
120	X=18.1	Y=11.1	Z=0
121	X=1.0349	Y=14.8	Z=0
122	X=4.5	Y=14.8	Z=0
123	X=14.5	Y=14.8	Z=0
124	X=18.1	Y=14.8	Z=0
137	X=2.3356	Y=33.3	Z=0
138	X=18.1	Y=33.3	Z=0
139	X=2.5943	Y=37	Z=0
140	X=4.5	Y=37	Z=0
141	X=14.5	Y=37	Z=0
142	X=18.1	Y=37	Z=0
143	X=9.5	Y=37	Z=0

G=119,137,6
G=120,138,6
G=121,139,6
G=122,140,6
G=123,141,6
G=124,142,6

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

LANTAI 2			
X	Y	Z	
201	X=0	Y=0	Z=5
202	X=1.5	Y=0	Z=5
203	X=3.5	Y=0	Z=5
204	X=5.5	Y=0	Z=5
205	X=7.5	Y=0	Z=5
206	X=11.5	Y=0	Z=5
207	X=13.5	Y=0	Z=5
208	X=15.5	Y=0	Z=5
209	X=17.2	Y=0	Z=5
210	X=18.1	Y=0	Z=5
211	X=0.2587	Y=3.7	Z=5
212	X=2.8	Y=3.7	Z=5
213	X=3.5	Y=3.7	Z=5
214	X=7.5	Y=3.7	Z=5
215	X=9.5	Y=3.7	Z=5
216	X=11.5	Y=3.7	Z=5
217	X=15.5	Y=3.7	Z=5
218	X=18.1	Y=3.7	Z=5
219	X=0.521	Y=7.4	Z=5
220	X=3.5	Y=7.4	Z=5
221	X=3.75	Y=7.4	Z=5
222	X=4.5	Y=7.4	Z=5
223	X=5.1	Y=7.4	Z=5
224	X=9.5	Y=7.4	Z=5
225	X=13.9	Y=7.4	Z=5
226	X=14.5	Y=7.4	Z=5
227	X=15.25	Y=7.4	Z=5
228	X=15.5	Y=7.4	Z=5
229	X=18.1	Y=7.4	Z=5
230	X=0.7762	Y=11.1	Z=5
231	X=4.5	Y=11.1	Z=5
232	X=9.5	Y=11.1	Z=5
233	X=14.5	Y=11.1	Z=5

254	X=18.1	Y=11.1	Z=5
255	X=2.0345	Y=14.8	Z=5
256	X=4.5	Y=14.8	Z=5
257	X=6.95	Y=14.8	Z=5
258	X=9.5	Y=14.8	Z=5
259	X=12.05	Y=14.8	Z=5
260	X=14.5	Y=14.8	Z=5
261	X=16.1	Y=14.8	Z=5
262	X=2.0733	Y=29.6	Z=5
263	X=4.5	Y=29.6	Z=5
264	X=6.95	Y=29.6	Z=5
265	X=9.5	Y=29.6	Z=5
266	X=12.05	Y=29.6	Z=5
267	X=14.5	Y=29.6	Z=5
268	X=16.1	Y=29.6	Z=5
269	X=2.3356	Y=33.3	Z=5
270	X=4.5	Y=33.3	Z=5
271	X=6.95	Y=33.3	Z=5
272	X=9.5	Y=33.3	Z=5
273	X=14.5	Y=33.3	Z=5
274	X=16.1	Y=33.3	Z=5
275	X=2.5943	Y=37	Z=5
276	X=4.5	Y=37	Z=5
277	X=6.95	Y=37	Z=5
278	X=9.5	Y=37	Z=5
279	X=14.5	Y=37	Z=5
280	X=16.1	Y=37	Z=5

G=335,259,12
G=336,260,12
G=337,261,12
G=338,262,12
G=339,263,12
G=340,264,12
G=341,265,12
G=330,266,12
G=331,267,12
G=332,268,12
G=333,269,12
G=334,270,12

LANTAI 3

301	X=0	Y=0	Z=10
302	X=1.5	Y=0	Z=10
303	X=3.5	Y=0	Z=10
304	X=5.5	Y=0	Z=10
305	X=7.5	Y=0	Z=10
306	X=10.5	Y=0	Z=10
307	X=13.5	Y=0	Z=10
308	X=15.5	Y=0	Z=10
309	X=17.2	Y=0	Z=10
310	X=18.1	Y=0	Z=10
311	X=0.2587	Y=3.7	Z=10
312	X=2.3	Y=3.7	Z=10
313	X=3.3	Y=3.7	Z=10
314	X=7.5	Y=3.7	Z=10
315	X=9.5	Y=3.7	Z=10
316	X=11.5	Y=3.7	Z=10
317	X=13.5	Y=3.7	Z=10
318	X=15.5	Y=3.7	Z=10
319	X=17.2	Y=3.7	Z=10
320	X=18.1	Y=3.7	Z=10
321	X=0.375	Y=7.4	Z=10
322	X=2.3	Y=7.4	Z=10
323	X=3.3	Y=7.4	Z=10
324	X=7.5	Y=7.4	Z=10
325	X=9.5	Y=7.4	Z=10
326	X=11.5	Y=7.4	Z=10
327	X=13.5	Y=7.4	Z=10
328	X=15.5	Y=7.4	Z=10
329	X=17.2	Y=7.4	Z=10
330	X=18.1	Y=7.4	Z=10
331	X=0.7782	Y=11.1	Z=10
332	X=2.3	Y=11.1	Z=10
333	X=3.3	Y=11.1	Z=10
334	X=7.5	Y=11.1	Z=10
335	X=9.5	Y=11.1	Z=10
336	X=11.5	Y=11.1	Z=10
337	X=13.5	Y=11.1	Z=10
338	X=15.5	Y=11.1	Z=10
339	X=17.2	Y=11.1	Z=10
340	X=18.1	Y=11.1	Z=10
341	X=2.0345	Y=14.8	Z=10
342	X=4.5	Y=14.8	Z=10
343	X=6.95	Y=14.8	Z=10
344	X=9.5	Y=14.8	Z=10
345	X=12.05	Y=14.8	Z=10
346	X=14.5	Y=14.8	Z=10
347	X=16.1	Y=14.8	Z=10
348	X=2.0733	Y=29.6	Z=10
349	X=4.5	Y=29.6	Z=10
350	X=6.95	Y=29.6	Z=10
351	X=9.5	Y=29.6	Z=10
352	X=12.05	Y=29.6	Z=10
353	X=14.5	Y=29.6	Z=10
354	X=16.1	Y=29.6	Z=10

G=335,359,12
G=336,360,12
G=337,361,12
G=338,362,12
G=339,363,12

344	X=14.5	Y=29.6	Z=10	G=347,344,10
361	X=18.1	Y=29.6	Z=10	G=347,361,10
366	X=2.3356	Y=33.3	Z=10	G=330,366,10
367	X=4.5	Y=33.3	Z=10	G=330,367,10
368	X=9.5	Y=33.3	Z=10	G=330,368,10
369	X=14.5	Y=33.3	Z=10	G=330,369,10
370	X=18.1	Y=33.3	Z=10	G=330,370,10
371	X=2.5943	Y=37	Z=10	G=331,371,10
372	X=4.5	Y=37	Z=10	
373	X=9.5	Y=37	Z=10	
374	X=14.5	Y=37	Z=10	
375	X=18.1	Y=37	Z=10	

SUPPORT 4

401	X=0.2587	Y=3.7	Z=15	
402	X=2.9	Y=3.7	Z=15	
403	X=3.5	Y=3.7	Z=15	
404	X=7.5	Y=3.7	Z=15	
405	X=9.5	Y=3.7	Z=15	
406	X=11.5	Y=3.7	Z=15	
407	X=15.5	Y=3.7	Z=15	
408	X=18.1	Y=3.7	Z=15	
409	X=0.521	Y=7.4	Z=15	
410	X=3.5	Y=7.4	Z=15	
411	X=3.75	Y=7.4	Z=15	
412	X=4.5	Y=7.4	Z=15	
413	X=9.5	Y=7.4	Z=15	
414	X=14.5	Y=7.4	Z=15	
415	X=15.25	Y=7.4	Z=15	
416	X=15.5	Y=7.4	Z=15	
417	X=18.1	Y=7.4	Z=15	
418	X=1.0349	Y=14.8	Z=15	
419	X=4.50	Y=14.8	Z=15	
420	X=14.50	Y=14.8	Z=15	
421	X=18.1	Y=14.8	Z=15	
430	X=2.5943	Y=37	Z=15	G=418,430,4
431	X=4.5	Y=37	Z=15	G=419,431,4
432	X=14.5	Y=37	Z=15	G=420,432,4
433	X=18.1	Y=37	Z=15	G=421,433,4
434	X=9.5	Y=37	Z=15	
435	X=5.1	Y=7.4	Z=15	
436	X=13.9	Y=7.4	Z=15	

MASTER JOINTS

1	X=9.219	Y=13.364	Z=5
2	X=9.648	Y=18.67	Z=10
4	X=10.733	Y=21.206	Z=15

RESTRAINTS

101,143,1	R=1,1,1,1,1,1	: JEPIT
201,273,1	R=1,1,0,0,0,1	: DEPENDENT JOINTS
301,375,1	R=1,1,0,0,0,1	: DEPENDENT JOINTS
401,436,1	R=1,1,0,0,0,1	: DEPENDENT JOINTS
2,4,1	R=0,0,1,1,1,0	: MASTER JOINTS

MASSSES

2	M=86.539	86.539	0 0 0	13174.321
3	M=83.223	83.223	0 0 0	21153.179
4	M=46.382	46.382	0 0 0	7220.120

FRAME

MM=14

BACK

1	B=0.3	D=0.4	E=2.68E6
2	B=0.3	D=0.5	E=2.68E6
3	B=0.3	D=0.1	E=2.68E6
4	B=0.3	D=0.6	E=2.68E6
5	B=0.4	D=0.9	E=2.68E6
6	B=0.4	D=1.1	E=2.68E6
7	B=0.4	D=0.6	E=2.68E6

B	B=0.4	D=0.9	S=0.4584
C			
C	K A T A N		
C			
9	B=0.3	D=0.5	S=0.4584
10	B=0.4	D=0.6	S=0.4584
11	B=0.5	D=0.9	S=0.4584
12	B=0.4	D=0.9	S=0.4584
13	B=0.4	D=0.5	S=0.4584
14	B=0.5	D=0.7	S=0.4584
C			
C	DATA RIEM		
C			
C	L A N T A I		
C			
C	BALOK MELINTANG		
C			
2052, 201, 202	LP=2,0	M=1	MS=2,2
2053, 202, 203		M=2	MS=2,2
2054, 203, 204		M=2	MS=2,2
2055, 204, 205		M=2	MS=2,2
2056, 205, 206		M=2	MS=2,2
2057, 206, 207		M=2	MS=2,2
2058, 207, 208		M=2	MS=2,2
2059, 208, 209		M=2	MS=2,2
2060, 209, 210		M=2	MS=2,2
2061, 211, 212		M=2	MS=2,2
2062, 212, 213		M=2	MS=2,2
2063, 213, 214		M=2	MS=2,2
2064, 214, 215		M=2	MS=2,2
2065, 215, 216		M=2	MS=2,2
2066, 216, 217		M=2	MS=2,2
2067, 217, 218		M=2	MS=2,2
2068, 219, 220		M=2	MS=2,2
2069, 220, 221		M=2	MS=2,2
2070, 221, 222		M=7	MS=2,2
2071, 222, 223		M=7, 1	MS=2,2
2072, 223, 224		M=7	MS=2,2
2073, 224, 225		M=7	MS=2,2
2074, 225, 226		M=7, 8, 1	MS=2,2
2075, 226, 227		M=7	MS=2,2
2076, 227, 228		M=2	MS=2,2
2077, 228, 229		M=2	MS=2,2
2078, 230, 231		M=1	MS=2,2
2079, 231, 232		M=1	MS=2,2
2080, 232, 233		M=1	MS=2,2
2081, 233, 234		M=1	MS=2,2
2082, 235, 236		M=2	MS=2,2
2083, 236, 237		M=5, 5, 1	MS=2,2
2084, 237, 238		M=5	MS=2,2
2085, 238, 239		M=5	MS=2,2
2086, 239, 240		M=5, 6, 1	MS=2,2
2087, 240, 241		M=1	MS=2,2
2088, 242, 243		M=1	MS=2,2
2092, 247, 248		M=2	MS=2,2
2098, 254, 255		M=1	MS=2,2
2102, 259, 260		M=2	MS=2,2
2108, 266, 267		M=1	MS=2,2
2112, 271, 272		M=2	MS=2,2
2113, 272, 273		M=2	MS=2,2
2114, 273, 274		M=2	MS=2,2
2115, 274, 275		M=2	MS=2,2
C			
C	BALOK MELINTANG		
C			
2001, 201, 211	LP=3,0	M=2	MS=2,2
2002, 203, 213		M=2	MS=2,2
2003, 205, 214		M=2	MS=2,2
2004, 206, 216		M=2	MS=2,2
2005, 208, 217		M=1	MS=2,2
2006, 210, 218		M=2	MS=2,2
2007, 211, 219		M=2	MS=2,2
2008, 213, 220		M=1	MS=2,2
2009, 215, 224		M=1	MS=2,2

2010,217,228	M=1	MS=2,2	
2011,218,229	M=1	MS=2,2	
2012,219,230	M=1	MS=2,2	
2013,220,231	M=1	MS=2,2	
2014,221,232	M=1	MS=2,2	
2015,222,233	M=1	MS=2,2	
2016,223,234	M=1	MS=2,2	
2017,224,235	M=1	MS=2,2	
2018,225,236	M=1	MS=2,2	
2019,226,237	M=1	MS=2,2	
2020,227,238	M=1	MS=2,2	
2021,228,239	M=1	MS=2,2	
2022,229,240	M=1	MS=2,2	
2023,230,241	M=1	MS=2,2	
2024,231,242	M=1	MS=2,2	
2025,232,243	M=1	MS=2,2	
2026,233,244	M=1	MS=2,2	
2027,234,245	M=1	MS=2,2	
2028,235,246	M=1	MS=2,2	
2029,236,247	M=1	MS=2,2	
2030,237,248	M=1	MS=2,2	
2031,238,249	M=1	MS=2,2	
2032,239,250	M=1	MS=2,2	
2033,240,251	M=1	MS=2,2	
2034,241,252	M=1	MS=2,2	
2035,242,253	M=1	MS=2,2	
2036,243,254	M=1	MS=2,2	
2037,244,255	M=1	MS=2,2	
2038,245,256	M=1	MS=2,2	
2039,246,257	M=1	MS=2,2	
2040,247,258	M=1	MS=2,2	
2041,248,259	M=1	MS=2,2	
2042,249,260	M=1	MS=2,2	
2043,250,261	M=1	MS=2,2	
2044,251,262	M=1	MS=2,2	
2045,252,263	M=1	MS=2,2	
2046,253,264	M=1	MS=2,2	
2047,254,265	M=1	MS=2,2	
2048,255,266	M=1	MS=2,2	
2049,256,267	M=1	MS=2,2	
2050,257,268	M=1	MS=2,2	
2051,258,269	M=1	MS=2,2	
2052,259,270	M=1	MS=2,2	

G=2,10,12,12

G=2,10,12,12

G=2,10,12,12

G=2,10,12,12

G=2,10,12,12

G=2,10,12,12

L A N T A I 3

BALOK MELINTANG

3052,301,302	LP=-2,0	M=2	MS=3,3	
3053,302,303		M=2	MS=3,3	
3054,303,304		M=2	MS=3,3	
3055,304,305		M=2	MS=3,3	
3056,305,306		M=2	MS=3,3	
3057,306,307		M=2	MS=3,3	
3058,307,308		M=2	MS=3,3	
3059,308,309		M=2	MS=3,3	
3060,309,310		M=2	MS=3,3	
3061,311,312		M=2	MS=3,3	
3062,312,313		M=2	MS=3,3	
3063,313,314		M=2	MS=3,3	
3064,314,315		M=2	MS=3,3	
3065,315,316		M=2	MS=3,3	
3066,316,317		M=2	MS=3,3	
3067,317,318		M=2	MS=3,3	
3068,319,320		M=2	MS=3,3	
3069,320,321		M=2	MS=3,3	
3070,321,322		M=2	MS=3,3	
3071,322,323		M=8,7,1	MS=3,3	
3072,323,324		M=7	MS=3,3	
3073,324,325		M=7	MS=3,3	
3074,325,326		M=7,8,1	MS=3,3	
3075,326,327		M=7	MS=3,3	
3076,327,328		M=2	MS=3,3	
3077,328,329		M=2	MS=3,3	
3078,329,330		M=2	MS=3,3	
3079,331,332		M=1	MS=3,3	G=2,10,12,12
3080,332,333		M=1	MS=3,3	G=2,10,12,12
3081,333,334		M=1	MS=3,3	G=2,10,12,12
3082,335,336		M=5	MS=3,3	
3083,336,337		M=6,5,1	MS=3,3	G=2,10,12,12
3084,337,338		M=5	MS=3,3	G=2,10,12,12
3085,338,339		M=5	MS=3,3	G=2,10,12,12
3086,339,340		M=5,6,1	MS=3,3	G=2,10,12,12
3087,340,341		M=5	MS=3,3	G=2,10,12,12
3088,342,343		M=1	MS=3,3	
3089,347,348		M=5	MS=3,3	
3090,354,355		M=1	MS=3,3	

3002,302,303	M=3	MS=3,1
3003,303,304	M=3	MS=3,1
3004,304,305	M=3	MS=3,1
3005,305,306	M=3	MS=3,1
3006,306,307	M=3	MS=3,1
3007,307,308	M=3	MS=3,1
3008,308,309	M=3	MS=3,1
3009,309,310	M=3	MS=3,1

BALOK MELINTANG

3010,310,311	LP=3,0	M=1	MS=3,1	
3011,311,312	M=1	MS=3,1		
3012,312,313	M=1	MS=3,1		
3013,313,314	M=1	MS=3,1		
3014,314,315	M=1	MS=3,1		
3015,315,316	M=1	MS=3,1		
3016,316,317	M=1	MS=3,1		
3017,317,318	M=1	MS=3,1		
3018,318,319	M=1	MS=3,1		
3019,319,320	M=1	MS=3,1		
3020,320,321	M=1	MS=3,1		
3021,321,322	M=1	MS=3,1		
3022,322,323	M=1	MS=3,1		
3023,323,324	M=1	MS=3,1		
3024,324,325	M=1	MS=3,1		
3025,325,326	M=1	MS=3,1		
3026,326,327	M=1	MS=3,1		
3027,327,328	M=1	MS=3,1		
3028,328,329	M=1	MS=3,1		
3029,329,330	M=1	MS=3,1		
3030,330,331	M=1	MS=3,1		
3031,331,332	M=1	MS=3,1		
3032,332,333	M=1	MS=3,1		
3033,333,334	M=1	MS=3,1		
3034,334,335	M=1	MS=3,1		
3035,335,336	M=1	MS=3,1		
3036,336,337	M=1	MS=3,1		
3037,337,338	M=1	MS=3,1		
3038,338,339	M=1	MS=3,1		
3039,339,340	M=1	MS=3,1		
3040,340,341	M=1	MS=3,1		
3041,341,342	M=1	MS=3,1		
3042,342,343	M=1	MS=3,1		
3043,343,344	M=1	MS=3,1		
3044,344,345	M=1	MS=3,1		
3045,345,346	M=1	MS=3,1		
3046,346,347	M=1	MS=3,1		
3047,347,348	M=1	MS=3,1		
3048,348,349	M=1	MS=3,1		
3049,349,350	M=1	MS=3,1		
3050,350,351	M=1	MS=3,1		
3051,351,352	M=1	MS=3,1		
3052,352,353	M=1	MS=3,1		
3053,353,354	M=1	MS=3,1		
3054,354,355	M=1	MS=3,1		
3055,355,356	M=1	MS=3,1		
3056,356,357	M=1	MS=3,1		
3057,357,358	M=1	MS=3,1		
3058,358,359	M=1	MS=3,1		
3059,359,360	M=1	MS=3,1		
3060,360,361	M=1	MS=3,1		
3061,361,362	M=1	MS=3,1		
3062,362,363	M=1	MS=3,1		
3063,363,364	M=1	MS=3,1		
3064,364,365	M=1	MS=3,1		
3065,365,366	M=1	MS=3,1		
3066,366,367	M=1	MS=3,1		
3067,367,368	M=1	MS=3,1		
3068,368,369	M=1	MS=3,1		
3069,369,370	M=1	MS=3,1		
3070,370,371	M=1	MS=3,1		
3071,371,372	M=1	MS=3,1		
3072,372,373	M=1	MS=3,1		
3073,373,374	M=1	MS=3,1		
3074,374,375	M=1	MS=3,1		

G=2,10,12,12
G=2,10,12,12
G=2,10,12,12

G=2,10,12,12
G=2,10,12,12
G=2,10,12,12

L A N T A I 4

BALOK MELINTANG

4002,402,403	LP=2,0	M=2	MS=4,4	
4003,403,404	M=2	MS=4,4		
4004,404,405	M=2	MS=4,4		
4005,405,406	M=2	MS=4,4		
4006,406,407	M=2	MS=4,4		
4007,407,408	M=2	MS=4,4		
4008,408,409	M=2	MS=4,4		
4009,409,410	M=2	MS=4,4		
4010,410,411	M=2	MS=4,4		
4011,411,412	M=2	MS=4,4		
4012,412,413	M=2	MS=4,4		
4013,413,414	M=2	MS=4,4		
4014,414,415	M=2	MS=4,4		
4015,415,416	M=2	MS=4,4		
4016,416,417	M=2	MS=4,4		
4017,417,418	M=2	MS=4,4		
4018,418,419	M=2	MS=4,4		
4019,419,420	M=2	MS=4,4		
4020,420,421	M=2	MS=4,4		
4021,421,422	M=2	MS=4,4		
4022,422,423	M=2	MS=4,4		
4023,423,424	M=2	MS=4,4		
4024,424,425	M=2	MS=4,4		
4025,425,426	M=2	MS=4,4		
4026,426,427	M=2	MS=4,4		
4027,427,428	M=2	MS=4,4		
4028,428,429	M=2	MS=4,4		
4029,429,430	M=2	MS=4,4		
4030,430,431	M=2	MS=4,4		
4031,431,432	M=2	MS=4,4		
4032,432,433	M=2	MS=4,4		
4033,433,434	M=2	MS=4,4		
4034,434,435	M=2	MS=4,4		
4035,435,436	M=2	MS=4,4		
4036,436,437	M=2	MS=4,4		
4037,437,438	M=2	MS=4,4		
4038,438,439	M=2	MS=4,4		
4039,439,440	M=2	MS=4,4		
4040,440,441	M=2	MS=4,4		
4041,441,442	M=2	MS=4,4		
4042,442,443	M=2	MS=4,4		
4043,443,444	M=2	MS=4,4		
4044,444,445	M=2	MS=4,4		

G=2,2,4,4

4045,404,402	M=1	MS=4,4
4046,405,403	M=1	MS=4,4
4047,412,405	M=1,1	MS=4,4
4048,436,414	M=1,6,1	MS=4,4

 2 BALOK MENYANGG
 3 -----

4001,401,400	LP=3,0	M=1	MS=4,4	
4002,403,410		M=1	MS=4,4	
4003,403,413		M=1	MS=4,4	
4004,407,416		M=1	MS=4,4	
4005,405,417		M=1	MS=4,4	
4006,409,416		M=1	MS=4,4	
4007,412,419		M=1	MS=4,4	
4008,414,420		M=1	MS=4,4	
4009,417,421		M=1	MS=4,4	
4010,418,422		M=1	MS=4,4	
4011,419,423		M=1	MS=4,4	
4014,422,426		M=1	MS=4,4	
4015,423,427		M=1	MS=4,4	
4016,426,430		M=1	MS=4,4	
4019,427,431		M=1	MS=4,4	
4019,420,424		M=1	MS=4,4	G=2,4,4,4
4019,421,425		M=1	MS=4,4	G=2,4,4,4

 3 KOLOM LANTAI 1
 4 -----

101,101,201	LP=-2,0	M=10	MS=0,2	G=1,7,7,9
102,102,202	LP=3,0	M=9	MS=0,2	G=1,1,1,2
104,104,205	LP=-2,0	M=13	MS=0,2	G=1,1,1,1
106,106,207	LP=3,0	M=9	MS=0,2	G=1,1,1,2
109,109,211	LP=-2,0	M=10	MS=0,2	G=1,1,1,1
111,111,214		M=10	MS=0,2	G=2,1,1,2
114,114,219		M=10	MS=0,2	G=1,4,4,10
115,115,221		M=12	MS=0,2	G=1,1,1,3
119,119,230		M=10	MS=0,2	G=3,6,6,12
120,120,234		M=10	MS=0,2	G=3,6,6,12
121,121,235		M=10	MS=0,2	G=1,6,6,12
122,122,236		M=11	MS=0,2	G=1,6,6,12
123,123,240		M=11	MS=0,2	G=1,6,6,12
124,124,241		M=10	MS=0,2	G=1,6,6,12
139,139,271			MS=0,2	
140,140,272			MS=0,2	
141,141,274			MS=0,2	
142,142,275			MS=0,2	
143,143,273			MS=0,2	

 4 KOLOM LANTAI 2
 5 -----

201,201,301	LP=-2,0	M=10	MS=2,3	
202,202,302	LP=3,0	M=9	MS=2,3	
203,204,304	LP=3,0	M=9	MS=2,3	
204,205,305	LP=-2,0	M=10	MS=2,3	
205,206,306	LP=-2,0	M=10	MS=2,3	
206,207,307	LP=3,0	M=9	MS=2,3	
207,209,309	LP=3,0	M=9	MS=2,3	
209,210,310	LP=-2,0	M=10	MS=2,3	
209,211,311		M=10	MS=2,3	
210,212,312		M=10	MS=2,3	
211,214,314		M=10	MS=2,3	
212,216,316		M=10	MS=2,3	
213,218,318		M=10	MS=2,3	
214,219,319		M=10	MS=2,3	
215,221,321		M=10	MS=2,3	
216,224,324		M=10	MS=2,3	
217,227,327		M=10	MS=2,3	
218,229,329		M=10	MS=2,3	
219,230,330		M=10	MS=2,3	G=1,4,12,12
220,232,332		M=10	MS=2,3	G=1,4,12,12
221,235,335		M=10	MS=2,3	G=1,4,12,12
222,241,341		M=10	MS=2,3	G=1,4,12,12
223,241,371		M=10	MS=2,3	
224,242,372		M=10	MS=2,3	
225,273,373		M=13	MS=2,3	

336,374,374	M=11	MS=3,3
337,375,375	M=11	MS=3,3

C -----

C KOLON LANTAI 3

C -----

301,311,401	LP=-2,0	M=10	MS=3,4	
302,312,402		M=10	MS=3,4	
303,313,403		M=10	MS=3,4	
304,314,404		M=10	MS=3,4	
305,315,405		M=10	MS=3,4	
306,316,406		M=10	MS=3,4	
307,317,407		M=12	MS=3,4	
308,318,408		M=12	MS=3,4	
309,319,409		M=12	MS=3,4	
310,320,410		M=10	MS=3,4	
311,321,411		M=10	MS=3,4	G=2,4,12,4
312,322,412		M=9	MS=3,4	G=2,4,12,4
313,323,413		M=9	MS=3,4	G=2,4,12,4
314,324,414		M=10	MS=3,4	G=2,4,12,4
323,371,430		M=10	MS=3,4	
324,372,431		M=9	MS=3,4	
325,373,432		M=9	MS=3,4	
326,374,433		M=9	MS=3,4	
327,375,434		M=10	MS=3,4	

SPEC

A=0 S=9.81 D=0.05

C -----

C ZEMBA ZONE 4

C -----

0.0	0.050	0.050
0.5	0.050	0.050
1.0	0.025	0.025
1.5	0.020	0.020
2.0	0.015	0.015
2.5	0.015	0.015
3.0	0.015	0.015

COMBO

1 D=1*1.05

2 D=-2*1.05

RENOVASI GEDUNG RUMAH MAKAN SIYUNG (beban hidup dan mati + prestress)

SYSTEM

L=3

HEIGHT

C

C

LANTAI 1

101	X=0	Y=0	Z=0	
102	X=1.5	Y=0	Z=0	
103	X=3.5	Y=0	Z=0	
104	X=7.5	Y=0	Z=0	
105	X=11.5	Y=0	Z=0	
106	X=13.5	Y=0	Z=0	
107	X=17.2	Y=0	Z=0	
108	X=18.1	Y=0	Z=0	
109	X=0.2587	Y=3.7	Z=0	
110	X=2.8	Y=3.7	Z=0	
111	X=7.5	Y=3.7	Z=0	
112	X=11.5	Y=3.7	Z=0	
113	X=13.5	Y=3.7	Z=0	
114	X=0.521	Y=7.4	Z=0	
115	X=3.75	Y=7.4	Z=0	
116	X=9.5	Y=7.4	Z=0	
117	X=15.25	Y=7.4	Z=0	
118	X=18.1	Y=7.4	Z=0	
119	X=0.7762	Y=11.1	Z=0	
120	X=18.1	Y=11.1	Z=0	
121	X=1.0349	Y=14.8	Z=0	
122	X=4.5	Y=14.8	Z=0	
123	X=14.5	Y=14.8	Z=0	
124	X=18.1	Y=14.8	Z=0	
137	X=2.3356	Y=33.3	Z=0	G=119,137,6
138	X=18.1	Y=33.3	Z=0	G=120,138,6
139	X=0.5943	Y=37	Z=0	G=121,139,6
140	X=4.5	Y=37	Z=0	G=122,140,6
141	X=14.5	Y=37	Z=0	G=123,141,6
142	X=18.1	Y=37	Z=0	G=124,142,6
143	X=9.5	Y=37	Z=0	

C

C

LANTAI 2

201	X=0	Y=0	Z=5
202	X=1.5	Y=0	Z=5
203	X=3.5	Y=0	Z=5
204	X=5.5	Y=0	Z=5
205	X=7.5	Y=0	Z=5
206	X=11.5	Y=0	Z=5
207	X=17.2	Y=0	Z=5
208	X=13.5	Y=0	Z=5
209	X=17.2	Y=0	Z=5
210	X=18.1	Y=0	Z=5
211	X=0.2587	Y=3.7	Z=5
212	X=2.8	Y=3.7	Z=5
213	X=3.5	Y=3.7	Z=5
214	X=7.5	Y=3.7	Z=5
215	X=9.5	Y=3.7	Z=5
216	X=11.5	Y=3.7	Z=5
217	X=13.5	Y=3.7	Z=5
218	X=18.1	Y=3.7	Z=5
219	X=0.521	Y=7.4	Z=5
220	X=3.5	Y=7.4	Z=5
221	X=3.75	Y=7.4	Z=5
222	X=4.5	Y=7.4	Z=5
223	X=8.1	Y=7.4	Z=5
224	X=9.5	Y=7.4	Z=5
225	X=13.5	Y=7.4	Z=5
226	X=14.5	Y=7.4	Z=5
227	X=15.25	Y=7.4	Z=5
228	X=15.5	Y=7.4	Z=5
229	X=18.1	Y=7.4	Z=5

131	X=0.7762	Y=11.1	Z=3
132	X=4.5	Y=11.1	Z=3
133	X=9.5	Y=11.1	Z=3
134	X=14.5	Y=11.1	Z=3
135	X=18.1	Y=11.1	Z=3
136	X=1.0349	Y=14.8	Z=3
137	X=4.5	Y=14.8	Z=3
138	X=9.5	Y=14.8	Z=3
139	X=12.05	Y=14.8	Z=3
140	X=14.5	Y=14.8	Z=3
141	X=18.1	Y=14.8	Z=3
142	X=2.0733	Y=29.6	Z=3
143	X=4.5	Y=29.6	Z=3
144	X=9.5	Y=29.6	Z=3
145	X=12.05	Y=29.6	Z=3
146	X=14.5	Y=29.6	Z=3
147	X=18.1	Y=29.6	Z=3
148	X=2.3356	Y=33.3	Z=3
149	X=4.5	Y=33.3	Z=3
150	X=9.5	Y=33.3	Z=3
151	X=14.5	Y=33.3	Z=3
152	X=18.1	Y=33.3	Z=3
153	X=2.5943	Y=37	Z=3
154	X=4.5	Y=37	Z=3
155	X=9.5	Y=37	Z=3
156	X=14.5	Y=37	Z=3
157	X=18.1	Y=37	Z=3

G=135,239,12
G=136,241,12
G=137,241,12
G=138,242,12
G=139,243,12
G=140,244,12
G=141,245,12
G=142,246,12
G=143,246,12
G=144,248,12
G=145,249,12

C

C LANTAI 3

C

301	X=0	Y=0	Z=10
302	X=1.5	Y=0	Z=10
303	X=3.5	Y=0	Z=10
304	X=5.5	Y=0	Z=10
305	X=7.5	Y=0	Z=10
306	X=11.5	Y=0	Z=10
307	X=13.5	Y=0	Z=10
308	X=15.5	Y=0	Z=10
309	X=17.2	Y=0	Z=10
310	X=18.1	Y=0	Z=10
311	X=0.2587	Y=3.7	Z=10
312	X=2.8	Y=3.7	Z=10
313	X=3.5	Y=3.7	Z=10
314	X=7.5	Y=3.7	Z=10
315	X=9.5	Y=3.7	Z=10
316	X=11.5	Y=3.7	Z=10
317	X=15.5	Y=3.7	Z=10
318	X=18.1	Y=3.7	Z=10
319	X=0.521	Y=7.4	Z=10
320	X=3.5	Y=7.4	Z=10
321	X=3.75	Y=7.4	Z=10
322	X=4.8	Y=7.4	Z=10
323	X=5.1	Y=7.4	Z=10
324	X=8.5	Y=7.4	Z=10
325	X=13.9	Y=7.4	Z=10
326	X=14.5	Y=7.4	Z=10
327	X=15.25	Y=7.4	Z=10
328	X=15.5	Y=7.4	Z=10
329	X=18.1	Y=7.4	Z=10
330	X=0.7762	Y=11.1	Z=10
331	X=4.5	Y=11.1	Z=10
332	X=9.5	Y=11.1	Z=10
333	X=14.5	Y=11.1	Z=10
334	X=18.1	Y=11.1	Z=10
335	X=1.0349	Y=14.8	Z=10
336	X=4.5	Y=14.8	Z=10
337	X=6.95	Y=14.8	Z=10
338	X=9.5	Y=14.8	Z=10
339	X=12.05	Y=14.8	Z=10
340	X=14.5	Y=14.8	Z=10
341	X=18.1	Y=14.8	Z=10
342	X=2.0733	Y=29.6	Z=10

G=133,239,12

360	X=4.5	Y=29.6	Z=10	G=332.361.12
361	X=6.5	Y=29.6	Z=10	G=332.361.12
362	X=8.5	Y=29.6	Z=10	G=332.361.12
363	X=10.5	Y=29.6	Z=10	G=332.361.12
364	X=12.5	Y=29.6	Z=10	G=332.361.12
365	X=14.5	Y=29.6	Z=10	G=332.361.12
366	X=16.5	Y=29.6	Z=10	G=332.361.12
367	X=18.5	Y=29.6	Z=10	G=332.361.12
368	X=2.3356	Y=33.3	Z=10	G=332.361.12
369	X=4.5	Y=33.3	Z=10	G=332.361.12
370	X=6.5	Y=33.3	Z=10	G=332.361.12
371	X=8.5	Y=33.3	Z=10	G=332.361.12
372	X=10.5	Y=33.3	Z=10	G=332.361.12
373	X=12.5	Y=33.3	Z=10	G=332.361.12
374	X=14.5	Y=33.3	Z=10	G=332.361.12
375	X=16.5	Y=33.3	Z=10	G=332.361.12

C-----
C LANTAL 4
C-----

401	X=0.2587	Y=3.7	Z=15
402	X=2.8	Y=3.7	Z=15
403	X=3.5	Y=3.7	Z=15
404	X=7.5	Y=3.7	Z=15
405	X=9.5	Y=3.7	Z=15
406	X=11.5	Y=3.7	Z=15
407	X=13.5	Y=3.7	Z=15
408	X=15.5	Y=3.7	Z=15
409	X=17.5	Y=3.7	Z=15
410	X=19.5	Y=3.7	Z=15
411	X=21.5	Y=3.7	Z=15
412	X=23.5	Y=3.7	Z=15
413	X=25.5	Y=3.7	Z=15
414	X=27.5	Y=3.7	Z=15
415	X=29.5	Y=3.7	Z=15
416	X=31.5	Y=3.7	Z=15
417	X=33.5	Y=3.7	Z=15
418	X=35.5	Y=3.7	Z=15
419	X=37.5	Y=3.7	Z=15
420	X=39.5	Y=3.7	Z=15
421	X=41.5	Y=3.7	Z=15
422	X=43.5	Y=3.7	Z=15
423	X=45.5	Y=3.7	Z=15
424	X=47.5	Y=3.7	Z=15
425	X=49.5	Y=3.7	Z=15
426	X=51.5	Y=3.7	Z=15
427	X=53.5	Y=3.7	Z=15
428	X=55.5	Y=3.7	Z=15
429	X=57.5	Y=3.7	Z=15
430	X=59.5	Y=3.7	Z=15
431	X=61.5	Y=3.7	Z=15
432	X=63.5	Y=3.7	Z=15
433	X=65.5	Y=3.7	Z=15
434	X=67.5	Y=3.7	Z=15
435	X=69.5	Y=3.7	Z=15
436	X=71.5	Y=3.7	Z=15

G=418.430.4
G=419.431.4
G=420.432.4
G=421.433.4

RESTRAINTS
101,143,1 R=1,1,1,1,1,1 : JESIT
201,275,1 R=0,0,0,0,0,0 : DEPENDENT JOINTS
301,375,1 R=0,0,0,0,0,0 : DEPENDENT JOINTS
401,436,1 R=0,0,0,0,0,0 : DEPENDENT JOINTS

FRAME
NM=15 NL=126 Z=-1 P=0.0,1 NSEC=3

C-----
C B A L O K
C-----

1	B=0.3	D=0.4	E=2.68E6	W=2.4*0.3*0.4
2	B=0.3	D=0.5	E=2.68E6	W=2.4*0.3*0.5
3	B=0.3	D=0.7	E=2.68E6	W=2.4*0.3*0.7
4	B=0.3	D=0.6	E=2.68E6	W=2.4*0.3*0.6
5	B=0.4	D=0.9	E=2.68E6	W=2.4*0.4*0.9
6	B=0.4	D=1.2	E=2.68E6	W=2.4*0.4*1.2
7	B=0.4	D=0.8	E=2.68E6	W=2.4*0.4*0.8
8	B=0.4	D=0.9	E=2.68E6	W=2.4*0.4*0.9

C-----
C K O L O M
C-----

9	B=0.3	D=0.5	E=2.68E6	W=2.4*0.3*0.5
10	B=0.4	D=0.6	E=2.68E6	W=2.4*0.4*0.6
11	B=0.5	D=0.9	E=2.68E6	W=2.4*0.5*0.9
12	B=0.4	D=0.9	E=2.68E6	W=2.4*0.4*0.9

13	S=0.4	D=0.5	E=0.7330	W=2.4*0.4*0.5
14	S=0.5	D=0.7	E=0.7330	W=2.4*0.5*0.7
15	S=0.4	D=0.6	E=0.7330	W=2.4*0.4*0.6

2 BEBAN MERATA SANGAT 1.500

1	WS=0,0,-0.56004	
2	WS=0,0,-0.63606	
3	WS=0,0,-0.41667	
4	WS=0,0,-1.41111	
5	WS=0,0,-0.28953	
6	WS=0,0,-0.83373	
7	WS=0,0,-1.11217	PID=1,-1.593,0,0,-1.593
8	WS=0,0,-1.41042	
9	WS=0,0,-1.50448	
10	WS=0,0,-1.35428	
11	WS=0,0,-0.99407	
12	WS=0,0,-1.18674	
13	WS=0,0,-1.18647	
14	WS=0,0,-1.15440	
15	WS=0,0,-1.15298	
16	WS=0,0,-1.06966	
17	WS=0,0,-0.98725	
18	WS=0,0,-0.90324	
19	WS=0,0,-0.82076	
20	WS=0,0,-0.80828	
21	WS=0,0,-0.41918	WS=0,0,-1.250
22	WS=0,0,-0.72724	WS=0,0,-1.250
23	WS=0,0,-0.5772	WS=0,0,-1.250
24	WS=0,0,-0.29158	
25	WS=0,0,-0.33059	
26	WS=0,0,-0.21667	
27	WS=0,0,-0.54142	
28	WS=0,0,-0.73446	
29	WS=0,0,-0.43333	
30	WS=0,0,-0.57805	
31	WS=0,0,-0.73307	
32	WS=0,0,-0.78195	
33	WS=0,0,-0.70387	
34	WS=0,0,-0.51667	
35	WS=0,0,-0.61681	
36	WS=0,0,-0.61667	
37	WS=0,0,-0.600	
38	WS=0,0,-0.59906	
39	WS=0,0,-0.55596	
40	WS=0,0,-0.51313	
41	WS=0,0,-0.46946	
42	WS=0,0,-0.40789	
43	WS=0,0,-0.42009	
44	WS=0,0,-0.21787	
45	WS=0,0,-0.37808	
46	WS=0,0,-0.30	
47	WS=0,0,-0.5772	WS=0,0,-1.250
48	WS=0,0,-0.59032	WS=0,0,-1.250
49	WS=0,0,-0.59323	WS=0,0,-1.250
50	WS=0,0,-0.58972	WS=0,0,-1.250
51	WS=0,0,-0.57810	WS=0,0,-1.250
52	WS=0,0,-0.55924	
53	WS=0,0,-0.53323	WS=0,0,-1.250
54	WS=0,0,-0.49994	WS=0,0,-1.250
55	WS=0,0,-0.46116	WS=0,0,-1.250
56	WS=0,0,-1.18278	
57	WS=0,0,-0.58052	
58	WS=0,0,-1.18647	
59	WS=0,0,-1.18296	
60	WS=0,0,-1.17233	
61	WS=0,0,-1.15247	
62	WS=0,0,-1.11247	
63	WS=0,0,-1.09319	
64	WS=0,0,-1.08440	
65	WS=0,0,-1.18647	
66	WS=0,0,-1.18580	
67	WS=0,0,-1.11561	
68	WS=0,0,-0.50238	WS=0,0,-1.250

```

63 WG=0,0,-0.58254
64 WG=0,0,-0.30481
65 WG=0,0,-0.30173
66 WG=0,0,-0.30333
67 WG=0,0,-0.30651
68 WG=0,0,-0.30147
69 WG=0,0,-0.29066
70 WG=0,0,-0.27718
71 WG=0,0,-0.25584
72 WG=0,0,-0.23969
73 WG=0,0,-0.61825
74 WG=0,0,-0.61006
75 WG=0,0,-0.61667
76 WG=0,0,-0.61484
77 WG=0,0,-0.60880
78 WG=0,0,-0.3392
79 WG=0,0,-0.58548
80 WG=0,0,-0.58818
81 WG=0,0,-0.54802
82 WG=0,0,-0.61667
83 WG=0,0,-0.61633
84 WG=0,0,-0.57984
85 WG=0,0,-0.27151
86 WG=0,0,-0.308

```

0 BEBAN MERATA PADA ATAP

```

87 WG=0,0,-0.40823
88 WG=0,0,-0.57014
89 WG=0,0,-0.32673
90 WG=0,0,-0.90826
91 WG=0,0,-0.77913
92 WG=0,0,-0.93548
93 WG=0,0,-0.90480
94 WG=0,0,-0.80253
95 WG=0,0,-0.61034
96 WG=0,0,-0.23949
97 WG=0,0,-0.45242
98 WG=0,0,-0.10828
99 WG=0,0,-0.15123
100 WG=0,0,-0.08667
101 WG=0,0,-0.24092
102 WG=0,0,-0.20667
103 WG=0,0,-0.24814
104 WG=0,0,-0.24
105 WG=0,0,-0.21287
106 WG=0,0,-0.16189
107 WG=0,0,-0.06351
108 WG=0,0,-0.12
109 WG=0,0,-0.435
110 WG=0,0,-0.61776
111 WG=0,0,-0.60543
112 WG=0,0,-0.31875
113 WG=0,0,-0.44104
114 WG=0,0,-1.01617
115 WG=0,0,-1.12234
116 WG=0,0,-0.62557
117 WG=0,0,-0.97060
118 WG=0,0,-0.40943
119 WG=0,0,-0.12069
120 WG=0,0,-0.67878
121 WG=0,0,-0.16059
122 WG=0,0,-0.18373
123 WG=0,0,-0.21699
124 WG=0,0,-0.24492
125 WG=0,0,-0.24267
126 WG=0,0,-0.16580
127 WG=0,0,-0.23194
128 WG=0,0,-0.10860
129 WG=0,0,-1.11117
130 WG=0,0,-0.90826

```

```

FID=0,+1.593,0,1,-1.593,0,2,-1.593
PID=0,-1.593,0,1,-1.593,0

```

DATA ELEMEN

C LANTAI 2

BALOK MEMINTANG

2052,201,202	LP=2,0	M=2	NSL=1,24	
2053,202,203		M=2	NSL=1,24	
2054,203,204		M=2	NSL=1,24	
2055,204,205		M=2	NSL=1,24	
2056,205,206		M=2	NSL=1,24	
2057,206,207		M=2	NSL=1,24	
2058,207,208		M=2	NSL=1,24	
2059,208,209		M=2	NSL=1,24	
2060,209,210		M=2	NSL=1,24	
2061,211,212		M=2	NSL=1,24	
2062,212,213		M=2	NSL=1,24	
2063,213,214		M=2	NSL=1,24	
2064,214,215		M=2	NSL=1,24	
2065,215,216		M=2	NSL=1,24	
2066,216,217		M=2	NSL=1,24	
2067,217,218		M=2	NSL=1,24	
2068,219,220		M=2	NSL=7,30	
2069,220,221		M=2	NSL=8,31	
2070,221,222		M=7	NSL=8,31	
2071,222,223		M=8,7,2	NSL=9,32	
2072,223,224		M=7	NSL=9,32	
2073,224,225		M=7	NSL=9,32	
2074,225,226		M=7,8,1	NSL=9,32	
2075,226,227		M=7	NSL=10,33	
2076,227,228		M=2	NSL=10,33	
2077,228,229		M=2	NSL=11,34	
2078,230,231		M=1	NSL=12,35	
2079,231,232		M=1	NSL=13,36	G=3,10,12,12
2080,232,233		M=1	NSL=13,36	G=3,10,12,12
2081,233,234		M=1	NSL=14,37	G=3,10,12,12
2082,235,236		M=2	NSL=15,38	
2083,236,237		M=6,5,2	NSL=13,36	G=2,10,12,12
2084,237,238		M=5	NSL=13,36	G=2,10,12,12
2085,238,239		M=5	NSL=13,36	G=2,10,12,12
2086,239,240		M=5,6,1	NSL=13,36	G=2,10,12,12
2087,240,241		M=2	NSL=14,37	G=2,10,12,12
2088,242,243		M=1	NSL=16,39	
2092,247,248		M=2	NSL=17,40	
2098,254,255		M=1	NSL=18,41	
2102,259,260		M=2	NSL=19,42	
2108,266,267		M=1	NSL=20,43	
2112,271,272		M=2	NSL=21,44	
2113,272,273		M=2	NSL=22,45	
2114,273,274		M=2	NSL=22,45	
2115,274,275		M=2	NSL=23,46	

C BALOK MEMANJANG

2001,201,211	LP=3,0	M=2	NSL=47,77	
2002,203,213		M=1	NSL=56,79	
2003,205,214		M=2	NSL=63,88	
2004,206,216		M=2	NSL=63,88	
2005,208,217		M=1	NSL=67,90	
2006,210,218		M=2	NSL=68,91	
2007,211,219		M=2	NSL=49,71	
2008,213,220		M=1	NSL=57,81	
2009,215,224		M=1	NSL=65,88	
2010,217,228		M=1	NSL=67,91	
2011,218,229		M=2	NSL=68,91	
2012,219,230		M=2	NSL=49,71	
2013,222,231		M=3	NSL=58,81	
2014,224,232		M=4	NSL=63,88	
2015,226,233		M=3	NSL=66,89	
2016,229,234		M=2	NSL=69,91	
2017,230,235		M=2	NSL=49,71	
2018,231,236		M=3	NSL=58,81	
2019,232,238		M=4	NSL=65,88	G=2,10,12,12
2020,233,240		M=1	NSL=66,89	G=2,10,12,12
2021,234,241		M=2	NSL=68,91	G=2,10,12,12
2105,238,242		M=2	NSL=57,81	

2023,236,243	M=3	NSL=8, 12	
2024,238,244	M=3	NSL=8, 12	G=2, 10, 12, 12
2025,240,245	M=3	NSL=8, 12	G=2, 10, 12, 12
2026,241,246	M=3	NSL=8, 12	G=2, 10, 12, 12
2027,242,247	M=2	NSL=11, 14	
2028,243,248	M=3	NSL=8, 12	
2029,247,254	M=2	NSL=11, 14	
2033,248,255	M=3	NSL=8, 12	
2037,254,259	M=2	NSL=11, 14	
2058,255,260	M=3	NSL=8, 12	
2043,259,266	M=2	NSL=11, 14	
2043,260,267	M=3	NSL=8, 12	
2047,266,271	M=2	NSL=11, 14	
2048,267,272	M=3	NSL=8, 12	
2049,268,273	M=4	NSL=11, 14	
2050,269,274	M=3	NSL=8, 12	
2051,270,275	M=2	NSL=11, 14	

L A N T A I 3

BALOK MELINTANG

3052,301,302	LP=-2,0	M=2	NSL=1, 24	
3053,302,303		M=2	NSL=1, 24	
3054,303,304		M=2	NSL=2, 25	
3055,304,305		M=2	NSL=1, 25	
3056,305,306		M=2	NSL=2, 25	
3057,306,307		M=2	NSL=2, 25	
3058,307,308		M=2	NSL=3, 26	
3059,308,309		M=2	NSL=1, 26	
3060,309,310		M=2	NSL=1, 26	
3061,311,312		M=2	NSL=4, 27	
3062,312,313		M=2	NSL=4, 27	
3063,313,314		M=3	NSL=5, 28	
3064,314,315		M=2	NSL=5, 28	
3065,315,316		M=2	NSL=5, 28	
3066,316,317		M=2	NSL=5, 28	
3067,317,318		M=2	NSL=6, 29	
3068,319,320		M=2	NSL=135, 30	
3069,320,321		M=2	NSL=8, 31	
3070,321,322		M=7	NSL=8, 31	
3071,322,323		M=8, 7, 1	NSL=9, 32	
3072,323,324		M=7	NSL=9, 32	
3073,324,325		M=7	NSL=9, 32	
3074,325,326		M=7, 8, 1	NSL=9, 32	
3075,326,327		M=7	NSL=10, 33	
3076,327,328		M=2	NSL=10, 33	
3077,328,329		M=2	NSL=11, 34	
3078,330,331		M=1	NSL=12, 35	
3079,331,332		M=1	NSL=13, 36	G=3, 10, 12, 12
3080,332,333		M=1	NSL=13, 36	G=3, 10, 12, 12
3081,333,334		M=1	NSL=14, 37	G=3, 10, 12, 12
3082,335,336		M=2	NSL=15, 38	LP=1, 0, 0, 0, 0, 0
3083,336,337		M=5	NSL=11, 36	G=2, 10, 12, 12
3084,337,338		M=5	NSL=13, 36	G=2, 10, 12, 12
3085,338,339		M=5	NSL=13, 36	G=2, 10, 12, 12
3086,339,340		M=5	NSL=13, 36	G=2, 10, 12, 12
3087,340,341		M=2	NSL=14, 37	LP=0, 1, 0, 0, 0, 0 G=2, 10, 12, 12
3088,342,343		M=1	NSL=16, 39	
3092,347,348		M=2	NSL=17, 40	LP=1, 0, 0, 0, 0, 0
3098,354,355		M=1	NSL=18, 41	
3102,355,360		M=2	NSL=19, 42	LP=1, 0, 0, 0, 0, 0
3108,366,367		M=1	NSL=20, 43	
3112,371,372		M=2	NSL=21, 44	
3113,373,374		M=2	NSL=22, 45	
3124,373,374		M=2	NSL=22, 45	
3115,374,375		M=2	NSL=23, 46	

BALOK MEMANJANG

3002,301,311	LP=3,0	M=2	NSL=47, 73
3002,302,313		M=1	NSL=56, 74
3003,305,314		M=2	NSL=65, 85
3004,306,316		M=2	NSL=68, 88

3005,308,317	M=1	NSL=67,40	
3006,310,318	M=1	NSL=68,40	
3007,312,319	M=1	NSL=69,40	
3008,313,320	M=1	NSL=70,40	
3009,315,324	M=1	NSL=71,40	
3010,317,328	M=1	NSL=72,40	
3011,319,329	M=1	NSL=73,40	
3012,319,330	M=1	NSL=74,40	
3013,320,331	M=1	NSL=75,40	
3014,324,332	M=4	NSL=76,40	
3015,326,333	M=3	NSL=77,40	
3016,329,334	M=1	NSL=78,40	
3017,330,335	M=2	NSL=79,40	
3018,331,336	M=1	NSL=80,40	
3019,332,338	M=4	NSL=81,40	G=2,10,12,12
3020,333,340	M=1	NSL=82,40	G=2,10,12,12
3021,334,341	M=2	NSL=83,40	G=2,10,12,12
3022,335,342	M=1	NSL=84,40	
3023,336,343	M=3	NSL=85,40	
3024,338,344	M=4	NSL=86,40	G=2,10,12,12
3025,340,345	M=3	NSL=87,40	G=2,10,12,12
3026,341,346	M=1	NSL=88,40	G=2,10,12,12
3027,342,347	M=2	NSL=89,40	
3028,343,348	M=1	NSL=90,40	
3029,347,354	M=2	NSL=91,40	
3031,348,355	M=1	NSL=92,40	
3032,354,359	M=2	NSL=93,40	
3033,355,360	M=1	NSL=94,40	
3042,359,366	M=2	NSL=95,40	
3043,360,367	M=1	NSL=96,40	
3047,366,371	M=2	NSL=97,40	
3048,367,372	M=3	NSL=98,40	
3049,368,373	M=4	NSL=99,40	
3050,369,374	M=1	NSL=100,40	
3051,370,375	M=2	NSL=101,40	

C

C L A N T A I 4

C

C BALOK MELINTANG

C

4022,401,402	LP=2,0	M=1	NSL=93,103	
4023,402,403		M=2	NSL=93,104	
4024,403,404		M=1	NSL=94,103	
4025,404,405		M=3	NSL=94,108	
4026,405,406		M=2	NSL=94,108	
4027,406,407		M=2	NSL=94,108	
4028,407,408		M=1	NSL=95,108	
4029,408,410		M=2	NSL=106,107	
4030,410,411		M=1	NSL=96,107	
4031,411,412		M=3	NSL=96,107	
4032,413,413		M=7	NSL=94,108	
4033,413,416		M=7	NSL=94,108	
4034,414,418		M=8	NSL=94,108	
4035,415,416		M=2	NSL=94,108	
4036,416,417		M=1	NSL=97,108	
4037,418,419		M=2	NSL=98,109	
4038,420,421		M=2	NSL=99,110	G=2,2,4,4
4039,422,423		M=2	NSL=100,111	
4041,426,427		M=1	NSL=101,112	
4043,430,431		M=2	NSL=102,113	
4044,431,434		M=2	NSL=0	
4045,434,432		M=2	NSL=0	
4046,432,433		M=2	NSL=103,114	
4047,412,435		M=5,7,1	NSL=94,108	
4048,436,434		M=7,8,1	NSL=94,108	

C

C BALOK MEMBANTU

C

4001,401,409	LP=3,0	M=1	NSL=115,108	
4002,403,410		M=1	NSL=120,130	
4003,405,413		M=1	NSL=121,131	
4004,407,416		M=1	NSL=113,123	
4005,408,417		M=2	NSL=124,134	
4006,409,418		M=2	NSL=125,135	

4007,412,418	M=7	NS1=1,2,1,2	
4008,414,420	M=1	NS1=1,2,1,2	
4009,417,421	M=0	NS1=1,2,1,2	
4010,418,422	M=1	NS1=1,2,1,2	
4011,419,423	M=3	NS1=1,2,1,2	
4014,422,426	M=1	NS1=1,2,1,2	
4015,423,427	M=1	NS1=1,2,1,2	
4018,426,430	M=1	NS1=1,2,1,2	
4019,427,431	M=3	NS1=1,2,1,2	
4010,428,434	M=1	NS1=1,2,1,2	G=2,4,4,4
4013,431,435	M=0	NS1=1,2,1,2	G=2,4,4,4

KOLAM LANTAI 1

101,101,201 LP=-2,0	M=10	G=1,1,1,1
102,102,202 LP=3,0	M=9	G=1,1,1,1
104,104,205 LP=-2,0	M=13	G=1,1,1,1
106,106,207 LP=3,0	M=5	G=1,1,1,1
109,109,211 LP=-2,0	M=10	G=1,1,1,1
111,111,214	M=11	G=1,1,1,1
114,114,219	M=10	G=1,4,4,1
115,115,221	M=12	G=1,4,4,1
118,118,230	M=10	G=3,4,4,1
120,120,234	M=12	G=3,4,4,1
121,121,235	M=14	G=3,4,4,1
122,122,236	M=11	G=2,6,6,1
123,123,240	M=11	G=2,6,6,1
124,124,241	M=14	G=2,6,6,1
133,133,271		
140,140,272		
141,141,274		
142,142,275		
143,143,273		

KOLAM LANTAI 2

201,201,301 LP=-2,0	M=10	
202,202,302 LP=3,0	M=9	
203,204,304 LP=3,0	M=9	
204,205,305 LP=-2,0	M=10	
205,206,306 LP=-2,0	M=12	
206,207,307 LP=3,0	M=9	
207,208,309 LP=3,0	M=5	
208,210,310 LP=-2,0	M=10	
209,211,311	M=12	
210,212,312	M=10	
211,214,314	M=12	
212,216,316	M=10	
213,218,318	M=12	
214,219,319	M=10	
215,221,321	M=12	
216,224,324	M=12	
217,227,327	M=12	
218,229,329	M=10	
219,230,330	M=10	G=3,4,12,12
220,234,334	M=10	G=3,4,12,12
221,235,335	M=14	G=2,4,12,12
222,241,341	M=14	G=2,4,12,12
223,271,371	M=12	
224,272,372	M=11	
225,273,373	M=13	
226,274,374	M=11	
227,275,375	M=12	

KOLAM LANTAI 3

301,311,401 LP=-2,0	M=10
302,312,402	M=10
303,314,404	M=12
304,316,406	M=10
305,318,408	M=12
306,319,409	M=10
307,322,412	M=12
308,324,413	M=12

309,327,415	M=12
310,328,417	M=12
311,335,418	M=12
312,336,419	M=12
313,340,420	M=12
314,341,421	M=12
313,371,430	M=12
314,372,431	M=12
315,373,434	M=12
316,374,432	M=12
317,375,433	M=12

PRESTRESS

PORTAL 3				
3092	D= 0.0	0.088	-0.110	T=390
3093	D=-0.110	0.146	-0.181	T=390
3094	D=-0.181	0.216	-0.250	T=390
3095	D=-0.250	0.214	-0.179	T=390
3096	D=-0.179	0.144	-0.110	T=390
3097	D=-0.110	0.088	0.0	T=390

PORTAL 7				
3092	D= 0.0	0.075	+0.150	T=520
3093	D=-0.150	0.301	+0.252	T=520
3094	D=-0.252	0.301	+0.350	T=520
3095	D=-0.350	0.299	+0.248	T=520
3096	D=-0.248	0.299	+0.150	T=520
3097	D=-0.150	0.075	0.0	T=520

PORTAL 9				
3102	D= 0.0	0.088	-0.110	T=390
3103	D=-0.110	0.146	-0.181	T=390
3104	D=-0.181	0.216	-0.250	T=390
3105	D=-0.250	0.214	-0.179	T=390
3106	D=-0.179	0.144	-0.110	T=390
3107	D=-0.110	0.088	0.0	T=390

LOADS

211,312,1 L=1 F=0.0,-2.882
 311,312,1 L=1 F=0.0,-2.882

COMBO

1	C=1.2	1.6*0.9		
2	C=1.2	1.6*0.9	1	
3	C=0	0	1	
4	C=1	1	1	: PONDASI
5	C=1			: BEBAN PRESTRESS KONDISI 2
6	C=1	1		: BEBAN PRESTRESS KONDISI 3

esign data

a submitted below complies with CEB code for concrete structures. For more precise and more thorough calculations, the reader should refer to information bulletins issued by the EURO-INTERNATIONAL DU CONCRETE and their appendices or national codes.

Determination of the final prestressing force in a tendon must allow for the losses of tension resulting from the following factors:

- losses due to friction of the tendon in its duct
- losses due to instantaneous deformation of the concrete during non-simultaneous tensioning of several tendons (elastic loss)
- losses due to anchorage pull-in
- losses due to deferred concrete shrinkage
- losses due to concrete creep
- losses due to relaxation of the prestressing steel

In most cases, simply take losses at t_0 (start of tensioning) and t_{∞} (long term). In the particular case of construction in partial prestressing phases, consideration must be given to losses at a given time "t". Appendix (e) of the FIP code gives instructions for calculation.

Losses due to friction in duct

point on the tendon distance (x) from the anchorage, the stress in the tendon is given by COOLEY's law:

$$\sigma_x = \sigma_0 \cdot e^{-\mu(\alpha + Kx)}$$

σ_0 = stress at point of anchorage (x = 0)

μ = friction coefficient of tendon in duct (in Radian⁻¹)

α = sum of angular deviations over the distance (x) (in Radian)

K = unwanted angle of deviation from the theoretical profile, expressed per unit of length (in Radian/metre)

x = distance from anchorage to calculation point (in metre)

The following is a table for μ in the absence of information relating particularly to the project or to the regulations applicable:

type of duct	range of standards values	VALUES OF μ (in Radian ⁻¹)	
		dry non-corrod. strands	lubricated strands
passage through concrete holes	0.40/0.60	0.50	
non galvanized rigid pipe	0.20/0.30	0.25	0.23
non-galvanized flexible sheath	0.18/0.26	0.22	0.20
galvanized rigid pipe	0.16/0.24	0.20	0.18
galvanized flexible sheath	0.14/0.22	0.18	0.16
L.F.C. sheath Freyssinet patent	0.10/0.14	0.13	
plastic coated unbonded strands	0.03/0.07		0.05

The coefficient (K) basically depends on the accuracy with which the theoretical profile is achieved; the accuracy is directly proportional to the rigidity of the ducts and to the simplicity of the tendon profile. The average value of K is generally taken as 0.01 rad/m. This figure must be adapted to the diameter of the ducts, to the distance between supports and to the workmanship.

Losses due to instantaneous concrete deformation

A tendon that is already tensioned and embedded in the concrete is affected by elastic shortening of the concrete due to the tensioning of the other tendons. It is difficult to calculate the resulting loss of prestressing force which is slight. It can be compared to a uniform loss depending to the fraction (n-1)/2n of the total instantaneous deformation of concrete. The following formulas give the loss of stress in the steel:

n = number of tensioning stages

ϵ_{st} = instantaneous strain of concrete due to the total prestressing forces

E_s = modulus of elasticity of steel — average is 195×10^9 Pa

σ_{st} = permanent prestressing force in concrete estimated at centre of gravity of prestressing tendons (in Pascal)

E_c = instantaneous longitudinal modulus of elasticity of concrete at its age when stressed (in Pascal)

$$\sigma_l = E_s \cdot \epsilon_{st} \cdot \frac{n-1}{2n}$$

$$\epsilon_{st} = \frac{\sigma_{st}}{E_c}$$

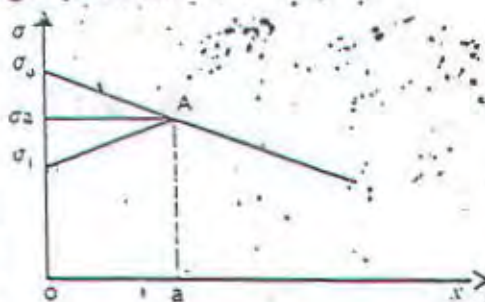
$$\Delta \sigma_l = \frac{E_s}{E_c} \cdot \left(\frac{F}{A} \right) \cdot \frac{n-1}{2n}$$

Losses due to anchorage pull-in

lock off of strands into the anchor, the jaws move an average distance (e) given in the table below:

its	without hydraulic blockage	with hydraulic blockage
13	7 mm	5 mm
15	8 mm	6 mm

account of the loss of elongation, the stress in the tendon at the anchorage is from σ_a to σ_1 . To reverse friction effects, the length of tendon affected by this loss is limited to the distance (a).



It can be assumed in most cases that the loss due to friction is linear. On this assumption, the formula below gives the distance (a):

$$a = \sqrt{\frac{\epsilon \cdot E_s \cdot x}{\Delta \sigma_s}}$$

The loss of stress in the steel at anchorage point after the pull-in of is given by the formula:

$$\Delta \sigma_s = 2a \frac{\Delta \sigma_s}{x}$$

a = maximum distance of effect of anchorage pull-in (in metre)

ϵ = anchorage pull-in (in metre)

E_s = modulus of elasticity of steel (in Pascal)

$\Delta \sigma_s$ = loss of prestress by friction the distance x (in Pascal)

Losses due to creep and concrete shrinkage

difficult to resolve this problem precisely and in most cases, approximate values are acceptable.

Assuming that deformation and stress are directly proportional the formulas below indicate the loss of stress in the concrete:

$$\epsilon_{c, \infty} = \epsilon_{c, 28} + \epsilon_{sh} \quad \epsilon_{c, \infty} = \frac{\sigma_{c, 28}}{E_{c, 28}} \cdot \gamma_{\infty}$$

$\epsilon_{c, \infty}$ = concrete strain due to creep

$\epsilon_{c, 28}$ = concrete strain due to shrinkage

$\sigma_{c, 28}$ = permanent compression stress in concrete at centre of gravity of the prestressing tendons (in Pascal)

γ_{∞} = coefficient of creep

$E_{c, 28}$ = deferred longitudinal modulus of deformation of concrete at 28 days (in Pascal)

characteristic strength of concrete at 28 days, fck (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45
longitudinal deformation modulus, Ec28 (10³ MPa)	26	27.5	29	30.5	32	33.5	35	36

u = perimeter in contact with atmosphere (m) Ac = section of concrete (m²) artificial dimension of the structure $\frac{2Ac}{u}$	humid atmosphere outside (rel. hum. 75 %)		dry atmosphere inside (rel. hum. 55 %)	
	small < 0.2 m	large > 0.6 m	small < 0.2 m	large > 0.6 m
COEFFICIENT OF CREEP:				
age of concrete when loaded:				
young (3-7 days)	2.7	2.1	3.8	2.9
middle (7-60 days)	2.2	1.9	3.0	2.5
old (> 60 days)	1.4	1.7	1.7	2.0
SHRINKAGE: ϵ_{sh}				
age of concrete at time t, when effect of shrinkage is considered:				
young (1-7 days)	0.26	0.21	0.43	0.3
middle (7-60 days)	0.23	0.21	0.32	0.3
old (> 60 days)	0.16	0.20	0.19	0.2

Losses due to steel relaxation

relaxation is the loss of tension in highly-tensioned steel that is maintained at constant length.

Suppliers give figures for relaxation of the strand (see page 4) after 1000 hours, for 60 %, 70 % and 80 % of characteristic breaking load.

It is possible to interpolate intermediate values proportionally, with acceptable accuracy.

The table below gives a few average values for relaxation of prestressing strands after 1000 hours: ρ .

values of ρ			
relaxation of initial tension	60%	70%	80%
stabilized strands (%)	4.5	8	12
stabilized strands (%)	1	2	4.5

In order to take account of the interaction of losses due to shrinkage and creep of the concrete and relaxation of steel, a reducing coefficient is simply applied to the loss due to relaxation alone.

The following, in simplified form, indicates the loss of stress in the steel:

$$\Delta \sigma_r = \sigma_s \cdot \rho \left(1 - 2 \frac{\Delta \sigma_{c, \infty}}{\sigma_s} \right)$$

$\Delta \sigma_r$ = effective loss due to relaxation (in Pascal)

σ_s = initial tension of prestressing tendons at the relevant point (in Pascal)

ρ = nominal relaxation (%)

$\Delta \sigma_{c, \infty}$ = stress losses due to creep and shrinkage already calculated

It is possible to approach the problem of interaction between shrinkage, creep and relaxation more precisely. The reader is referred to the appendix of the Fli Code, but the above simplified formula is on the safe side.

The loss at time (t) greater than 1000 hours can be calculated from the following formula:

$$\Delta \sigma_r(t) = \Delta \sigma_{r(1000h)} \cdot \left(\frac{t}{1000} \right)^{\beta}$$

$\beta = 0.20$, falling precise information

design data

sample of calculation

Designing a rectangular beam 0.40×1.20 m, length 34 m, prestressed by
 tendons through the beam from one end to the other.
 Deviation at anchorages = $9^\circ = 0.157$ rad
 Stress: $\sigma_s = 1330$ MPa
 Characteristic concrete strength $f_{ck} = 35$ MPa
 Instantaneous compression at the prestressing level:
 0.5 MPa

LOSSES DUE TO FRICTION:

Calculation for the mid-span cross-section at $x = 17$ m
 Non galvanized flexible sheath; lubricated strands
 with soluble oil

$$\mu = 0.20 \text{ rad}^{-1}$$

$$K = 0.01 \text{ rad/m}$$

$$\sigma_{17} = 1330 \cdot e^{-0.20(0.157 + 0.01 \times 17)}$$

$$= 1246 \text{ MPa}$$

LOSSES DUE TO INSTANTANEOUS DEFORMATION

$$E_s = 195 \times 10^9 \text{ Pa}$$

$$E_{ci} = 33.5 \times 10^9 \text{ Pa}$$

$$\epsilon_{ci} = \frac{10.5}{33.5} \times 10^{-3} = 0.31 \times 10^{-3}$$

$$\Delta\sigma_s = 195 \times 10^9 \cdot \frac{5-1}{2 \times 5} \cdot 0.31 = 2.5 \text{ MPa}$$

LOSSES DUE TO ANCHORAGE PULL-IN

Anchorage pull-in $\epsilon = 6$ mm

$$\Delta\sigma = \sigma_{17} - \sigma_s = 1330 - 1246 = 84 \text{ MPa}$$

Distance at which loss is nil:

$$a = \sqrt{\frac{6 \times 10^{-3} \times 195 \times 10^9}{84 \times 10^6}} \times 17$$

$$a = 15.40 \text{ m}$$

The initial prestress at mid-span is unaffected by the anchorage pull-in.

Loss at anchorage:

$$\Delta\sigma_s = 2 \times 15.4 \times 84 / 17 = 152 \text{ MPa}$$

$$\sigma = \epsilon \cdot E = \frac{\Delta L}{L} \cdot E$$

$$\Delta L = \frac{\sigma \cdot L}{E} = \frac{25 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \cdot 34.00}{33.5 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}}$$

$$\Delta L = \frac{P \cdot L}{E \cdot A} = 0.21 \text{ cm}$$

4 — LOSSES DUE TO CREEP AND SHRINKAGE

tensioning 28 days after concreting

humid outside atmosphere

cross-section of beam $A_c = 0.4 \times 1.2 = 0.48 \text{ m}^2$

perimeter in contact $u = 3.2 \text{ m}$

coefficient $2A/u = 0.3$

interpolation between 0.2 and 0.6 for the values φ_m

$$\varphi_{(0.2)} = 2.2$$

$$\varphi_{(0.4)} = 1.9$$

$$\varphi_{(0.3)} = 2.13$$

$$\epsilon_{s(0.2)} = 0.23 \times 10^{-3}$$

$$\epsilon_{s(0.4)} = 0.21 \times 10^{-3}$$

$$\epsilon_{s(0.3)} = 0.225 \times 10^{-3}$$

$$\epsilon_{ci} = \frac{10.5 \times 10^6}{33.5 \times 10^9} \times 2.13 = 0.67 \times 10^{-3} \text{ Pa}$$

$$\Delta\sigma_{ci} = 195 \times 10^9 \cdot (0.67 \times 10^{-3} + 0.225 \times 10^{-3})$$

$$\Delta\sigma_{ci} = 174.5 \text{ MPa}$$

5 — LOSSES DUE TO RELAXATION

Nominal stress $\sigma_s = 1330$ MPa

Initial stress at $x=0$

$$\sigma_s = 1330 \text{ MPa} = 75 \% \text{ de } \sigma_{sk}$$

Initial stress at $x=17$

$$\sigma_{17} = 1246 \text{ MPa} = 70 \% \text{ de } \sigma_{sk}$$

Stabilized strands relaxation at 1000 hours = 2 %

$$\Delta\sigma_{s(1000h)} = 1246 \times 0.02 (1 - 2 \times 174.5/1246)$$

$$\Delta\sigma_{s(1000h)} = 18 \text{ MPa}$$

loss at 10⁵ hours (about 12 years):

$$\Delta\sigma_{s(10^5 h)} = 18 \times \left(\frac{10^5}{10^3}\right)^{0.2} = 45 \text{ MPa}$$

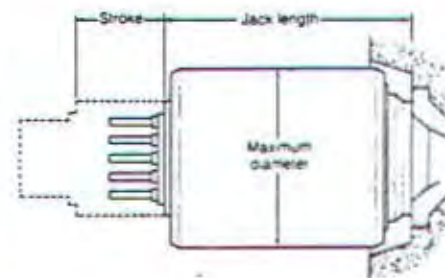
6 — FINAL STRESS AT MID-SPAN:

$$\Delta\sigma_{17, \infty} = 1246 - 2.5 - 174.5 - 45$$

$$= 1024 \text{ MPa}$$

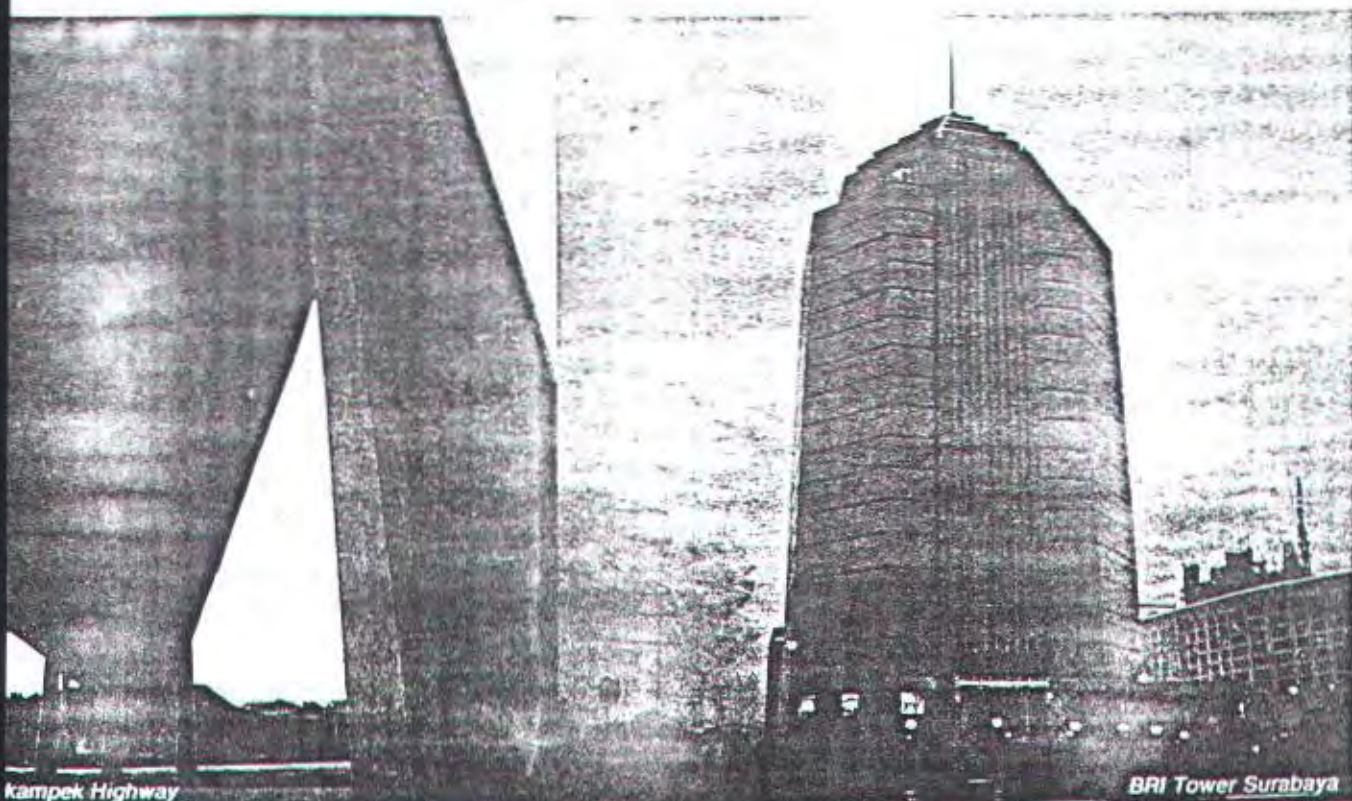
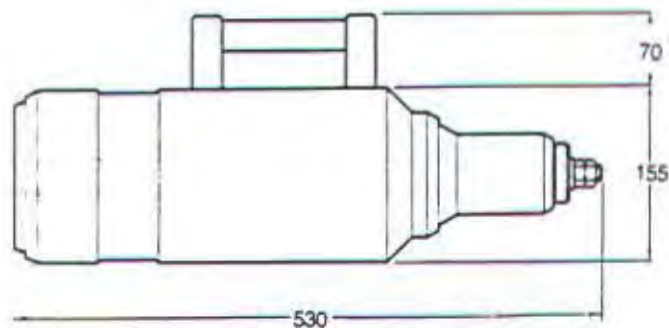
TYPE	K 100	K 200	K 350	K 500	K 700	K 1000	KF 500
Force kN	1120	2065	3065	4595	6125	8945	5000
Area cm ²	203.4	318	490	765.8	960	1431	769
Area cm ²	65.9	157	232	452.3	589	724	367
Pressure bar	550	650	625	600	625	625	650
mm	200	200	250	250	250	250	250
Diameter mm	270	360	440	508	609	720	565
ed mm	365	402	502	718	767	783	1016
kg	112	208	328	740	1060	1450	970

is in millimeters

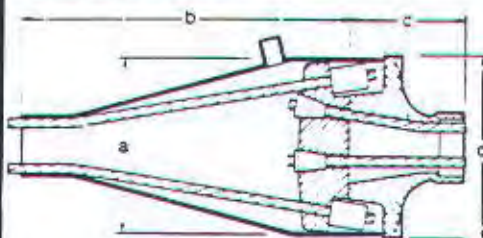


ing jack

swaging jack
sleeves for 13 and 15 mm strands
pressure 700 bars
force 520 kN
7 kg



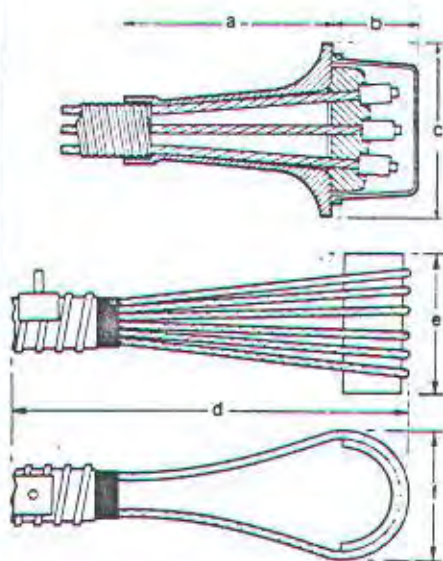
Couplers



	1M13 1M15	7K13 4K15	12K13 7K15	12K15	19K13	27K13 19K15	37K13 27K15	55K13 37K15
a	For coupling use	160	204	230	260	308	Dimensions larger couplers are available on request.	
b		450	555	600	490	680		
c		120	166	120	280	362		
d	pretensioning couplers.	160	210	245	270	315		

The range of standard couplers is the 'flange' type in which the continuing cable is attached by pre-applied type swaged grips.

Blind ends



		7K13 4K15	12K13 17K15	12K15	19K13	27K13 19K15	37K13 27K15	55K13 37K15
a	Enclosed	160	210	245	270	315	365	
b	Swaged	103	145	190	290	385	435	
c	type	115	115	127	120	145	165	

		6K13	12K13	12K15
d	Looped type	-	500	600
e	-	-	200	250
f	-	-	250	300

The standard blind end anchorage is similar to the normal anchorage but the jaws are placed by swaged grips, a permanently attached anchorage pre-applied to the strand with a swaging jack.

Looped anchorages are practical only for the smaller tendons and details are given for the 6K13, 12K13 and 12K15 systems.

Properties of strands

Characteristics of PC strand commonly used in Indonesia

Nominal diameter	Nominal area	Nominal mass	Min. U.T.S.	Modulus of elasticity	
mm.	mm ²	kg/1000m	kN	kN/mm ²	
12.40	92.90	729	160	195	JIS 3536 - SWPR 7A
12.70	98.71	775	184	195	ASTM A416 - GRADE 270
15.20	138.70	1101	226	195	JIS 3536 - SWPR 7A
15.24	140.00	1102	261	195	ASTM A416 - GRADE 270

Tensioning equipment

The 'K' Range Jacks

The 'K' Range of Jacks are centerhole rams of the hydraulic double-acting type with fixed cylinder and moving piston.

The attachment of the Strand to the jack is by specially designed wide-angle, multi-use Jaws, which are self-releasing on completion of jacking.

The system of ramming the permanent anchorages is by either a retaining plate or mechanical rubber springs which reduce the scatter of anchorage

